

Freiburg

Aus dem
Tierhygienischen Institut der Universität Freiburg im Breisgau

DIREKTOR: PROFESSOR DR. K. TRAUTWEIN

Die Zusammenhänge von Hygiene und Klima im Rinderstall

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der
Veterinär-Medizinischen Fakultät der
Justus Liebig-Hochschule zu Gießen

vorgelegt von
NIKOLAUS HONOLD
prakt. Tierarzt aus Hilzingen (Kreis Konstanz)

LANE MEDICAL LIBF
SAN FRANCISCO

Gießen 1952

Aus dem
Tierhygienischen Institut der Universität Freiburg i.B.

Direktor: Professor Dr. K. Trautwein

Die Zusammenhänge von Hygiene und Klima
im Rinderstall

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Veterinär-Medizinischen Fakultät
der
Justus Liebig-Hochschule
zu Gießen

vorgelegt von
Nikolaus Honold
prakt. Tierarzt
aus Hilzingen (Krs. Konstanz)

Gießen 1952

Mit Genehmigung der Veterinär-Medizinischen Fakultät, Gießen

Dekan: Professor Dr. A. Hemmert-Halswick

Berichterstatter: Professor Dr. K. Trautwein, Freiburg i.B.

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Februar 1952

Inhaltsverzeichnis

Seite

I.	<u>Die Aufgaben der Stallhygiene</u>	1
II.	<u>Vergleichende und kritische Betrachtung des Fachschrifttums</u>	
	1) Stallklima im allgemeinen	3
	2) Lufttemperatur im Stall	4
	3) Feuchtigkeitsgehalt der Stallluft	10
	4) Licht und Sonne	15
	5) Luftbewegung	20
	6) Chemische Bestandteile der Luft	22
	A) Kohlensäure	23
	B) Ammoniak	27
	C) Schwefelwasserstoff	30
III.	<u>Eigene Beobachtungen und Untersuchungen</u>	32
	1) Die Ausgangspunkte	
	A) Gesichtspunkte für die Auswahl der Untersuchungsobjekte	32
	B) Beschreibung der untersuchten Ställe	33
	C) Organisation der Stallbeobachtungen	37
	D) Beschreibung der Instrumente zur physikalischen Luftuntersuchung	37
	E) Beschreibung des Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Kohlensäure	39
	F) Beschreibung des Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak	41
	2) Die Untersuchungsergebnisse bei den 8 Ställen mit freier Lüftung	
	A) Temperatur- und Feuchtigkeits- beobachtung	43
	B) Beleuchtungsstärke	50

	Seite
C) Lüftungseinrichtungen	52
D) Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft	52
E) Gesundheit und Pflege der Tiere	54
3) Spezielle Untersuchungen im Stall mit Wärmetauscher	55
A) Überblick über die Messungen im Stall Titisee	56
B) Beschreibung des Stalles in Titisee	57
C) Die regelmäßig durchgeführte Messungsmethode	61
D) Die Vorgänge im Wärmetauscher	63
E) Untersuchungsergebnisse	68
a) Temperatur- und Feuchtigkeits- beobachtung	68
b) Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft	71
c) Keimgehalt der Stallluft	73
IV. <u>Schlußfolgerungen</u>	76
V. <u>Zusammenfassung</u>	77
VI. <u>Schrifttumsverzeichnis</u>	80
<u>Lebenslauf</u>	85

I. Die Aufgaben der Stallhygiene

Erbe und Umwelt bestimmten das Schicksal unserer Haustiere. Von den Umweltfaktoren spielt die Stallhaltung eine besonders wichtige Rolle, da sie einen starken, durch die Domestikation erzwungenen Eingriff in die natürlichen Lebensbedingungen der Tiere darstellt. Es ist deshalb von ausschlaggebender Bedeutung, im Rahmen des möglichen auch das Stallklima den natürlichen Verhältnissen anzugleichen. Voraussetzung hierfür ist jedoch die genaue Kenntnis seiner Einzelfaktoren wie auch ihres Zusammenspiels insgesamt. Untersuchungen hierüber liegen wohl vor, sie beschränken sich jedoch bis in die neuere Zeit im wesentlichen auf Teilfaktoren, während zusammenschauende Betrachtungen bedeutend spärlicher sind. Erst neuerdings sind uns Arbeiten der Wissenschaft des Auslandes zugänglich geworden, die erkennen lassen, daß die in Frage stehenden Punkte dort offenbar mehr als bei uns Interesse gefunden haben. Es ist deshalb an der Zeit, daß man in Deutschland auch in dieser Hinsicht wieder den Anschluß an die internationale Wissenschaft gewinnt. Das Thema Stallhygiene sollte umso eher in den Vordergrund gerückt werden, als man in Tierzucht und Tierhaltung heute in erster Linie bestrebt ist, die Leistungsvoraussetzungen der Nutztiere zu fördern und deshalb mit Recht die Forderung nach Gesundheit an die erste Stelle gerückt ist. Man mußte einsehen, daß die reine Leistungszucht ohne Berücksichtigung der Konstitution auf Irrwege geführt hat.

Der Tierarzt weiß am besten, daß zwar die stallhygienischen Bedingungen in weiten Grenzen variieren, ohne daß gleich sichtbare Schäden für die Gesundheit der Tiere zu entstehen brauchen, daß aber die schlechten hygienischen Verhältnisse, wie mangelnde Sauberkeit, Dämpfe und vor allem im Winter überhitzte Stallräume, auf die Dauer doch die Konstitution schwächen, und abgesehen von akuten Erkältungskrankheiten, die Disposition für die sogenannten Kulturseuchen und deren schweren

Verlauf schaffen. Nur in Ställen, die einwandfreie hygienische Verhältnisse aufweisen, ist zu erwarten, daß die günstigen Erbanlagen der Nutztiere zur vollen Auswirkung der Leistung kommen.

Angelpunkt der Stallhygiene ist das Stallklima. Es gehört daher zu den Aufgaben der Veterinärhygiene, das Optimum des Stallklimas insgesamt, wie auch der einzelnen Faktoren genauestens zu umreißen, damit die Ergebnisse als Grundlage für die Wärmebedarfsrechnung, der Einrichtung für Ventilation usw. durch den Landbaumeister dienlich sein können. Die vorliegenden Untersuchungen sollen hierzu einen Beitrag liefern. Durch die Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Baufachmann erhalten sie ihre besondere Note.

II. Vergleichende und kritische Betrachtung des Fach- schrifttums

1) Stallklima im allgemeinen

Die Hygiene ist bestrebt, dem Nutztier - vor allem dem Rind - das bestmögliche Stallklima zu schaffen. Das erwünschte Stallklima soll in sich möglichst viele Vorteile des Aufenthaltes im Freien ohne die gesundheitsschädigenden und leistungsmindernden Einflüsse, wie starke Wetterstürze mit Temperaturabfall, Wind, Regen, Schnee und Eis, vereinigen.

Das Stallklima setzt sich aus zahlreichen Faktoren zusammen. Von besonderem Einfluß sind die Temperatur der Außen- und der Stallluft, der Oberflächen von Wand und Decke im Stall, die Feuchtigkeit der Außen- und Stallluft, sowie der Baustoffe des Stalles, die Luftbewegung und die chemischen Bestandteile der Luft, von denen der Sauerstoff, die Kohlensäure, das Ammoniak und der Schwefelwasserstoff interessieren. Für all diese Faktoren wird ein bestimmtes Maß verlangt, welches weder über- noch unterschritten werden soll. Doch nur bei Zusammenwirkung in entsprechenden, aufeinander abgestimmten Werten bilden diese Faktoren ein gesundes Stallklima. Erst die Arbeiten von Süpfle (36), Traub (39), Stiethenroth (32) und Gerspach (7) geben ein Bild von den Zusammenhängen aller Vorgänge des Stallklimas. Die in der Literatur oft voneinander abweichenden Werte und Forderungen bedürfen einer kritischen Betrachtung.

Was nützt es, wenn der Landwirt im strengsten Winter ängstlich bemüht ist, eine optimale Temperatur zu halten und dazu sämtliche Fugen und Ritzen verstopfen muß? Er erreicht damit nur ein unerwünschtes Ansteigen der Luftfeuchtigkeit. Warme Stallluft bedeutet jedoch sehr oft nichts weniger als unzureichende Frischluftzufuhr.

Die meisten Ställe sind wärmetechnisch so unbefriedigend gebaut, daß bei Aufrechterhaltung der für die Tiere notwendigen Luftventilation die Stalltemperatur sehr schnell stark absinken würde.

Man hat erkannt, daß es sich beim Stallklima nicht nur um ein Lüftungsproblem, sondern gleichzeitig auch um ein Wärme-
problem handelt, und daß Wärme und Lüftung so miteinander verknüpft sind, daß es zu keinem Erfolg führen kann, wenn von diesen beiden Faktoren nur einer behandelt wird (S t i e t e n r o t h (33).

2) Lufttemperatur im Stall

Die Stalltemperatur wird einerseits durch die Wärme-
zeugung der Tiere und andererseits durch den Wärmeverbrauch im Stall bestimmt. Der Wärmeverbrauch entsteht einmal durch den Wärmeabfluß der raumumschließenden Bauteile: Decke, Wände, Fenster, Türen und Boden, zum anderen durch den Wärmebedarf für die Aufheizung der Außenluft auf Stalltemperatur.

Nach M i l l s (zit. von C E N A und C o u r v o i s i e r (1) ist die Energieerzeugung der Haustiere unwirtschaftlich, weil nur 20 bis 25 % der von ihnen durch Umsetzungen produzierten Energie ausgenutzt werden, während 75 bis 80% als überschüssige Wärme abgegeben werden müssen. Eine Überhitzung des Organismus würde aber seinen Gesundheitszustand bedrohen und seine wichtigsten Lebensfunktionen stören. Die Geschwindigkeit, mit der die ü b e r s c h ü s s i g e W ä r m e abgegeben werden kann, übt daher einen dominierenden Einfluß aus, auch auf Wachstum, Entwicklungstempo, Fruchtbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Infektionen.

Genau so nachteilig wie die Überhitzung kann eine zu große A b k ü h l u n g für den Organismus sein. Besonders in der kalten Jahreszeit kann die durch das Klima bedingte Abkühlung viel größer werden, als zur Abführung der vom Körper produzierten Wärme erforderlich ist. Geeignete Stallungen

verhindern jedoch weitgehend einen zu starken Abfluß der vom Tierkörper produzierten Wärme.

In neueren Untersuchungen von C e n a und C o u r -
v o i s i e r (1) wird darauf hingewiesen, wie groß die
W ä r m e v e r l u s t e durch die S t r a h -
l u n g der Stallwände sein können. Ein Beispiel solcher
Wärmeverluste wird durch nachfolgende Übersicht gezeigt:

Tabelle 1 Hauttemperaturen der Kühe
(nach C e n a und C o u r v o i s i e r)

Schem. Grundriss eines Kuhstalles in Davos
mit dem Standplatz der Kühe

Wagenremise			
unbenutzter Pferdestall	$\frac{28,0}{28,5}$	Kuhstall	
	$\frac{28,0}{28,5}$		
	$\frac{28,5}{29,1}$		$\frac{27,5}{28,5}$
	$\frac{29,0}{29,5}$		$\frac{26,5}{26,5}$
	$\frac{29,0}{29,5}$		$\frac{26,5}{26,5}$
	$\frac{29,0}{28,5}$		$\frac{26,5}{25,5}$
	$\frac{28,5}{28,5}$		
	$\frac{29,0}{27,5}$		
	Türe		Aussenwand mit 2 Fenstern
Korridor			

Die Tabelle zeigt in übersichtlicher Form die Aufstellungsanordnung. Die Temperaturen sind mit Thermoelementen gemessen worden. Aus der Verteilung der unterschiedlichen Werte ist zu ersehen, wie die Hauttemperaturen gegen die Stallecken und besonders gegen die Außenwand zu abnehmen, und wie jeweils die exponierten Seiten der Tiere die kühleren sind. Gleichsinnige Ergebnisse zeitigte R u d z i n s k i (29). Bei einseitiger Abkühlung der Haut werden widersprechende Reize nach dem Wärmesentrum geleitet, das infolgedessen in Verwirrung gerät. Die gesamte Wärmeregulation wird durch einseitige Abkühlung deshalb gestört. Die Folge ist dann besonders häufige Erkältung mit anschließenden Erkältungskrankheiten.

Die Stalltemperatur ist nach den Untersuchungen von deutschen, russischen und vor allem amerikanischen Autoren der Hauptfaktor, der am meisten die Milchleistung beeinflußt. Die bisherigen Ansichten über das Optimum der Stalltemperaturen bedürfen dabei einer gewissen Revision. Eine Zusammenstellung der in der Literatur empfohlenen Stalltemperaturoptima wird in chronologischer Ordnung nachstehend wiedergegeben.

Tabelle 2

Märker	(22)	1870	10° bis 15° C
Klimmer	(17)	1924	12,5° bis 17,5° C
Popoff	(25)	1927	3° bis 4° C
Hofmann	(13)	1931	(als niedrg. Temp.) 12° bis 18° C
Stockklausner	(33)	1932	10° bis 12° C
Traub	(39)	1933	12° bis 18° C
Stietenroth	(32)	1934	10° bis 20° C
Kelley, Rupel	(15)	1936	10° bis 13° C
Gerspach	(7)	1937	12° bis 17° C
Harlass	(10)	1941	10° bis 16° C
Govin	(9)	1951	7° bis 15° C

Die kurze Übersicht läßt erkennen, wie weit in der Literatur die Ansichten über die Stalltemperaturoptima auseinandergehen. Die Beobachtungen in meiner tierärztlichen Praxis zeigen in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung, daß der Großteil unserer Landwirte im Winter Temperaturen um $+ 18^{\circ}$ bis $+ 20^{\circ}$ bevorzugen.

Die im Schrifttum als Optimum bezeichneten Temperaturen liegen in einem Bereich von $+ 7^{\circ}$ bis $+ 20^{\circ}$ C. Daß selbst diese in weiten Grenzen gehaltenen Temperaturen in der Praxis noch um ein beträchtliches unter- oder überschritten werden, zeigen die in einer Tabelle zusammengestellten Temperaturen der von nachstehenden Autoren untersuchten Ställe.

Tabelle 3

Temperaturen, die in Rinderställen beobachtet wurden

Autor und Jahr der Untersuchungen	Gesamtzahl der Untersuchungen	Temperaturbereich $^{\circ}$ C	Anzahl der Untersuchungen mit Temperaturen	
			$+10^{\circ}$ u.	$+20^{\circ}$ C
Lehmeyer(21)1924/25	58	12 bis 29	24	
Hofmann(10) 1925/26	17	16 bis 25	10	
Deutsch(4) 1928	30	9,8 b. 21,6	2	
Hofmann(13) 1929	37	9 bis 18,4	2	
Traub (39) 1931	40	10 bis 22,2	8	
Stieten- roth(32) 1932/33	-	4 bis 20	-	
Strebel(34) 1934	253	12 bis 29	126	
Dober (5) 1939	46	10 bis 25	2	

Wie groß der Einfluß der Stalltemperatur auf die Milchleistung ist, geht aus zahlreichen wertvollen Versuchen verschiedener Autoren hervor.

P o p o f f (25) kommt zu dem Resultat, daß bei regelmäßiger und ausreichender Fütterung die Kühe im kalten Stall mit einer Durchschnittstemperatur von $+ 2^{\circ}$ bis $+ 3^{\circ}$ C ungefähr 0,6 bis 1,0 kg Milch täglich pro Kuh weniger gaben, als die im warmen Stall gehaltenen Kühe bei einem täglichen Milchertrag von 9 bis 11 kg. Die Verringerung der Ertragsmenge wird dabei bis zu einem gewissen Grade durch die Steigerung des Fettgehaltes der Milch kompensiert. P o p o f f nimmt an, daß bei Sinken der Lufttemperatur um 1° C der Wärmeverlust um 3,5 bis 4 % steigt, wie dies R u b n e r (28) 1890 bei seinen Experimenten mit Hunden beobachtet hat. Theoretische Berechnungen und die Resultate der Experimente gestatten es, als niedrigste Temperatur für den Kuhstall $+ 3^{\circ}$ bis $+ 4^{\circ}$ C festzusetzen. (P o p o f f).

Einen größer angelegten Versuch unternahm H a y s (11) mit einer Rinderherde der Kolumbia-Universität, wobei für 258 Tage eine tägliche Feststellung der Umgebungstemperatur sowie des Fettgehaltes der Milch erfolgte. Im allgemeinen bestätigte sich, daß Abnahme der Temperatur eine Steigerung im Fettgehalt der Milch zur Folge hatte. H a y s kommt daher zu dem Schluß, daß bei gleichbleibenden sonstigen Verhältnissen ein Sinken der Umgebungstemperatur eine Steigerung des Fettgehaltes der Milch verursacht, die auf je 5° C etwa 0,2 % beträgt.

Während sich die obenerwähnten Untersuchungen mit dem Einfluß der Temperatur auf den prozentischen Fettgehalt befaßten, beschäftigten sich die Autoren nachstehender Arbeiten hauptsächlich mit den Einwirkungen der Temperatur auf die Milchmenge.

V ö d i c h (41) hat gelegentlich eines Fütterungsversuches mit Sojaschrot gleichzeitig die Zusammenhänge zwischen Temperatur und Milchleistung untersucht. Während die Milchleistung der Tiere bei der durchschnittlichen Anfangstemperatur von $+ 16^{\circ}$ C zu Beginn des Versuches im Mittel 12,5 kg betrug, bewirkte das allmähliche Ansteigen der Temperatur auf $+ 36^{\circ}$ C bis zum 16. Versuchstage ein Absinken des Milchertrages um

durchschnittlich etwa 4,5 kg. Der Temperaturrückgang am 17. und 18. Versuchstage hatte dagegen wieder ein Ansteigen der Milchleistung zur Folge. Die Abnahme des Milchertrages bei hohen Temperaturen konnte auch durch Zufütterung von Kraftfutter nur wenig behoben werden.

Bei Stalltemperaturen von $+ 5^{\circ}$ bis $+ 10^{\circ}$ C konnte S t o c k k l a u s n e r (33) niemals einen Rückgang der Milchleistung beobachten. Eine Temperatur von $+ 10^{\circ}$ bis $+ 12^{\circ}$ C im Rinderstall erscheint dem Autor als die geeignetste.

K e l l e y und R u p e l (15) kamen hinsichtlich des Temperatureinflusses auf die Leistung zu folgendem Ergebnis: "Das Stalltemperaturoptimum für Kühe liegt bei etwa $+ 10^{\circ}$ C. Die Leistung läßt jedoch bei einer Temperatur von $+ 7^{\circ}$ C etwas nach. Während der höchste Milchertrag bei $+ 15^{\circ}$ bis $+ 18^{\circ}$ C erreicht wird, liegt der Ertrag an Milchfett unter dem Durchschnitt." Die Untersuchungen wurden in 4 Ställen mit je 22 Kühen und in einem offenen Stall mit 8 Kühen durchgeführt. Temperaturschwankungen im Bereich von $+ 7^{\circ}$ bis $+ 18^{\circ}$ C, mit einer Schwan-
kungsbreite von $+ 6^{\circ}$ C hatten einen Einfluß auf die drei folgenden Melkergebnisse. Der Rückgang der Milchmenge erfolgte in den Stallungen, in denen die Innentemperatur parallel mit der Außentemperatur schwankte, schneller als in den Stallungen, in denen eine gleichbleibende Temperatur gehalten werden konnte. K e l l e y und R u p e l halten eine gleichbleibende Temperatur von $+ 10^{\circ}$ bis $+ 13^{\circ}$ C für zweckmäßig.

Die von H a r l a s s (10) durchgeführten Untersuchungen wurden in einem heizbaren Raum mit 6 Kühen durchgeführt. Die verschiedenen Versuchstemperaturen wurden in Perioden von $+ 24^{\circ}$ C, $+ 20^{\circ}$ C, $+ 16^{\circ}$ C, $+ 6^{\circ}$ C, $+ 15^{\circ}$ C und $+ 10^{\circ}$ C eingestellt. Auf Grund der Untersuchungen war bei mittleren Temperaturen die relativ höchste Milchmenge zu verzeichnen, dagegen erwiesen sich die hohen ($+ 24^{\circ}$ C und $+ 20^{\circ}$ C) wie auch die niedrigen Temperaturen ($+ 6^{\circ}$ C) als ertragsmindernd. Ähnliches war hinsichtlich des Fettgehaltes festzustellen, wobei niedrige Stalltemperaturen den prozentualen Fettgehalt der Milch steigerten.

Der Autor bezeichnet das Temperaturintervall von $+ 10^{\circ}$ bis $+ 16^{\circ}$ C als zweckmäßigste Stalltemperatur für die Milch- und Fettleistung.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß ein Ansteigen der Temperaturen über mittlere Grade hinaus, also von $+ 15^{\circ}$ C und mehr, eine Verminderung des Fettgehaltes der Milch zur Folge hat, und daß bei sehr niedrigen Temperaturen, bei $+ 12^{\circ}$ C und weniger, der Fettgehalt der Milch höher ist. Für die Milchmenge sind jedoch mittlere Stalltemperaturen um $+ 15^{\circ}$ C als die günstigsten zu bezeichnen.

Die oben erwähnten Untersuchungen führen demnach zu dem Schluß, daß das Stalltemperaturoptimum in den Grenzen von $+ 10^{\circ}$ bis $+ 15^{\circ}$ C liegt. Allerdings werden auch tiefere Temperaturen bis zu $+ 5^{\circ}$ C von den Tieren ohne Leistungsminderung ertragen; die Tiere müssen jedoch entsprechend abgehärtet sein und müssen entsprechend gefüttert werden. Es dürfen auch keine zu großen Temperaturschwankungen auftreten.

3) Feuchtigkeitsgehalt der Stallluft

Mit der Lufttemperatur hängt die Luftfeuchtigkeit eng zusammen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Stallluft spielt für das Wohlbefinden der Tiere eine große Rolle, weil er zu den Faktoren gehört, die auf die Wärmeabgabe des Tierkörpers Einfluß haben. Ist die Feuchtigkeit groß und gleichzeitig die Temperatur hoch, so kommt es bei den Tieren zu Wärmestauungen, weil die Abgabe von Körperwärme durch Verdunstung von Wasser in den Atmungsorganen und auf der Hautoberfläche vermindert wird. Ist aber die Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur niedrig, so besteht die Gefahr eines zu großen Wärmeverlustes durch die bessere Leitfähigkeit der mit Wasserdampf allmählich angereicherten Stallluft.

Feuchte und warme Luft mindern auf die Dauer die Widerstandskraft und schaffen einen geeigneten Boden für verschiedene Infektionskrankheiten. Nach den Untersuchungen von G o l d i n g e r (8) zeigen Stallungen mit hoher Luftfeuchtigkeit und damit verbundener mangelnder Ventilation im Vergleich zu

"gesunden" Stallungen erheblich höhere Erkrankungszahlen an Tuberkulose, Abortus Bang, Aconceptio und Klauenkrankheiten.

Nach den Beobachtungen von S t r e b e l (34) tritt Nichtabgang der Nachgeburt in den Stallungen mit hoher Luftfeuchtigkeit häufiger auf als in den übrigen. In Bezug auf das Vorkommen der Tuberkulose, von Abortus Bang und Aconceptio stehen jedoch die Untersuchungsbefunde von S t r e b e l im Gegensatz zu den Untersuchungsergebnissen von G o l d i n - g e r . Die obenerwähnten Krankheiten wurden von S t r e b e l mehr in Ställen mit niedriger Luftfeuchtigkeit gefunden. Seine Durchschnittszahlen zeigen, daß Tuberkulose, Abortus Bang und Aconceptio in den Stallungen mit über 75 und 85 % Luftfeuchtigkeit seltener beobachtet wurden als in Ställen mit geringeren Werten.

Diese Untersuchungen sind offensichtlich ohne Berücksichtigung der Tatsache vorgenommen worden, daß bei den Seuchen Tuberkulose und Bangsche Krankheit^x das primäre sind und daß z.B. ohne Tuberkelbazillen Rinder auch bei 100 %iger relativer Luftfeuchte nicht an Tuberkulose erkranken können. Die durch Stallfeuchte verursachten Bauschäden sind jedoch im allgemeinen erheblich.

Die Quellen der Luftfeuchtigkeit im Stalle sind die Atmung und die Gärung des Dungstapels. Daß überdies im Stall durchgeführte Futterbereitung, Lagerung von Grünfutter, Stauung von Harn und auch das Überlaufen von nicht funktionierenden Selbsttränkebecken gelegentlich hierbei ebenfalls eine Rolle spielen, sei nur kurz erwähnt. Die Menge des mit der Ausatemungsluft ausgeschiedenen Wassers hängt in großem Umfange von der relativen Luftfeuchte der Stallluft ab. Im Durchschnitt nimmt man an, daß in der Stunde eine Großvieheinheit (GVE = 500 kg) 300 g Wasser mit der Atmungsluft abgibt. Als Grundlage für die Berechnung des erforderlichen Luftraumes kann hingegen die Wasserausscheidung bei der Atmung wegen ihrer Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte nicht genommen werden.

Schwitzwasser entsteht im Stall, wenn die Temperatur der geladenen Luft durch Berührung mit den kalten Oberflächen von Bauteilen unter den Taupunkt sinkt. Dieses Schwitzwasser durchnäßt die Wände, führt vermehrte Wärme ab und beschleunigt den

^x die Erreger

Zerfall der Wände und Decken. Es muß deshalb auch danach getrachtet werden, daß der Wasserdampf nicht genötigt ist, durch die Ritzen der Wände und Decke zu diffundieren, sondern durch die Lüftungseinrichtungen möglichst schnell und vollständig aus dem Stall entfernt wird. Es ist also zur Vermeidung einer immer größer werdenden Anhäufung von Wasserdampf eine gut funktionierende Lüftungsanlage unentbehrlich.

Die Forderung, daß die relative Feuchtigkeit als Optimum 50 bis 70 % betragen und nicht über 70 % hinausgehen soll, ist von den meisten Autoren klar herausgestellt worden, wie folgende Übersicht zeigt:

Tabelle 4

Anzustrebende optimale rel. Feuchtigkeit in Rinderstallungen:

Autor:		rel. Feuchtigkeit
Lehmeyer	(21) 1926	50 bis 70 %
Süpfle, Hofmann	(36) 1928	höchstens 70 %
Traub	(39) 1933	im Winter bis 80 %
Zorn	(45) 1949	50 bis 70 %
Ober	(23) 1950	40 bis 70 %

Die relative Feuchtigkeit allein ergibt jedoch kein vollständiges Bild. Notwendig ist vielmehr die gleichzeitige Nennung der dazugehörigen Temperatur, wie dies z. B. C o r d s - P a r c h i m (2) getan hat. Seine Forderungen sind in nachstehender Tabelle zusammengefaßt:

Tabelle 5

Feuchtegrad der Stallluft, der nicht überschritten werden soll
(nach Cords - Parchim)

Wärmestand der Stallluft in °C	Feuchtegrad der Stallluft in %
8	85
10	80
12	80
14	75
16	70

Die vorgenannten Forderungen werden leider in der Praxis bei weitem nicht erreicht. Das zeigen die in nachfolgender Tabelle dargestellten Untersuchungsergebnisse verschiedener Autoren, die ein Bild von der Unzulänglichkeit des Stallklimas geben, besonders bei solchen Ställen, die keine Lüftungseinrichtung haben.

Tabelle 6

Gemessene relative und absolute Feuchtigkeit in Rinderställen

Autor	rel. Feuchtigkt. der Stall-Luft in %	Durch- schnitt	Absolute Feuchtigkeit innen g/m ³	außen g/m ³
Lehmeyer () 1926	67 - 95%	—	8,13 - 26,64	2,42 - 17,47
Deutsch () 1928	76 - 90%	84%	8,8 - 16,1	2,6 - 11,9
Süpfle, Hofmann () 1929	71 - 95%	—	—	—
Hofmann () 1928	74 - 95%	81%	10,5 - 20,5	2,70 - 18,24
Hofmann () 1931	46 - 89% (Sommer)	82%	11,0 - 21,2	10,2 - 16,5
	78 - 98% (Winter)	93%	6,7 - 15,6	1,5 - 2,3
Traub () 1933	65 - 96%	84%	7,22 - 18,89	2,36 - 7,85
Stietenroth () 1934	—	—	8,0 - 17,0	1,5 - 8,0
Dober () 1939	60 - 98%	—	—	—

In vorstehender Tabelle ist die Temperatur nicht angeführt; aus den Werten für die relative und absolute Feuchte könnte die maximale Feuchte und damit auch die Lufttemperatur errechnet werden. Relative Feuchte = $\frac{\text{absolute Feuchte} \times 100}{\text{maximale Feuchte}}$

Jeder maximalen Feuchte entspricht eine bestimmte Temperatur.

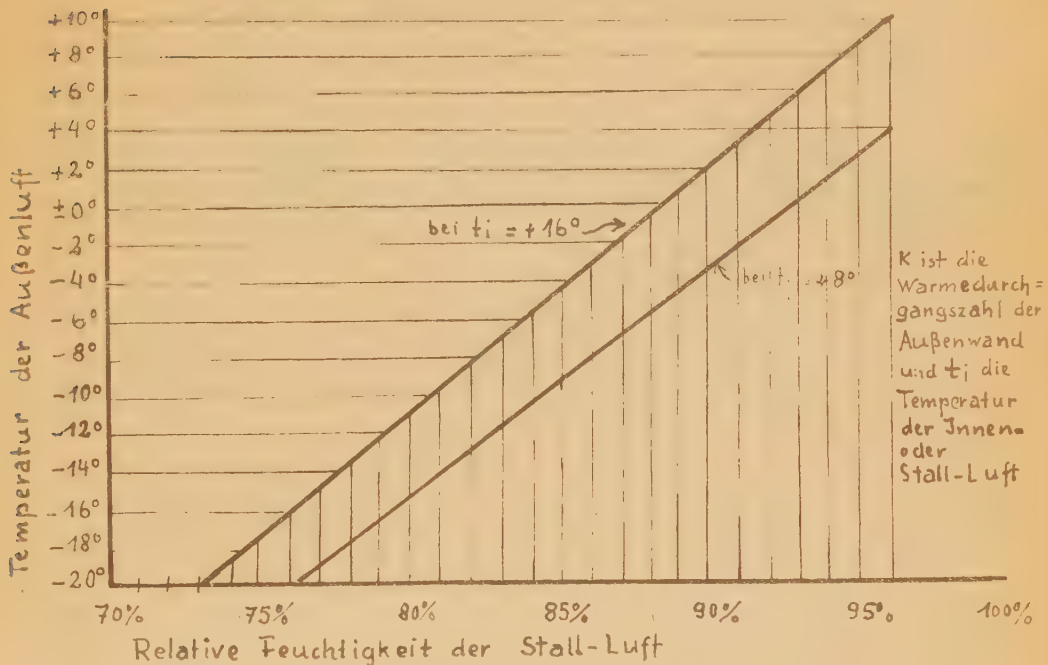
Eine Kombination der beiden Klima-Elemente, Temperatur und Feuchtigkeit, vermittelt in physiologisch einwandfreier Weise die äquivalente Temperatur, die sich gesetzmäßig mit dem Wetter ändert (W e i c k m a n n (47)). Zur Klärung dieses Begriffes sei folgendes angeführt: Um 1 ccm Wasser in Dampf zu verwandeln, braucht man 600 cal., umgekehrt werden 600 cal. frei, wenn aus Dampf 1 ccm Wasser kondensiert wird. Wird die freiwerdende Wärme zur Temperaturerhöhung der Luft verwendet, so ist der Endwert "die äquivalente Temperatur", z.B. bei Luft von 20° und 70 % relativer Feuchte ist die äquivalente Temperatur 45°. Bei der Ausatmung hat die Ausatemsluft 32°, die relative Feuchte ist 100 %, also ist die äquivalente Temperatur über 100°. Es ist einleuchtend, daß die äquivalente Temperatur bei dem Austausch von Außen- und Innenluft eine außerordentlich große Bedeutung hat, die hier nur angedeutet sei. Die bei der Kondensation von Wasserdampf frei gesetzte Wärme kann sehr wohl zur Vorwärmung der einströmenden Frischluft verwendet werden. Solche Gegenstrom-Lüftungsanlagen sind bereits des öfteren angegeben worden. Soweit die Temperatur der Außenluft niedriger liegt als die der Stallluft, wird die vorgewärmte Außenluft eine niedrigere relative Feuchte und gegenüber der Stallluft ein erhebliches Feuchtedefizit besitzen, ohne daß eine besonders hohe Temperatur-Differenz zur Nebel- oder Taubildung Anlaß geben kann.

Tabelle 7

Höchstwerte der relativen Feuchtigkeit der Stall-Luft

wenn Schwitzwasserbildung an den Außenwänden vermieden werden soll

(bei $K=1,0 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ$ u. $t_i = +16^\circ \text{ bzw. } +8^\circ$)



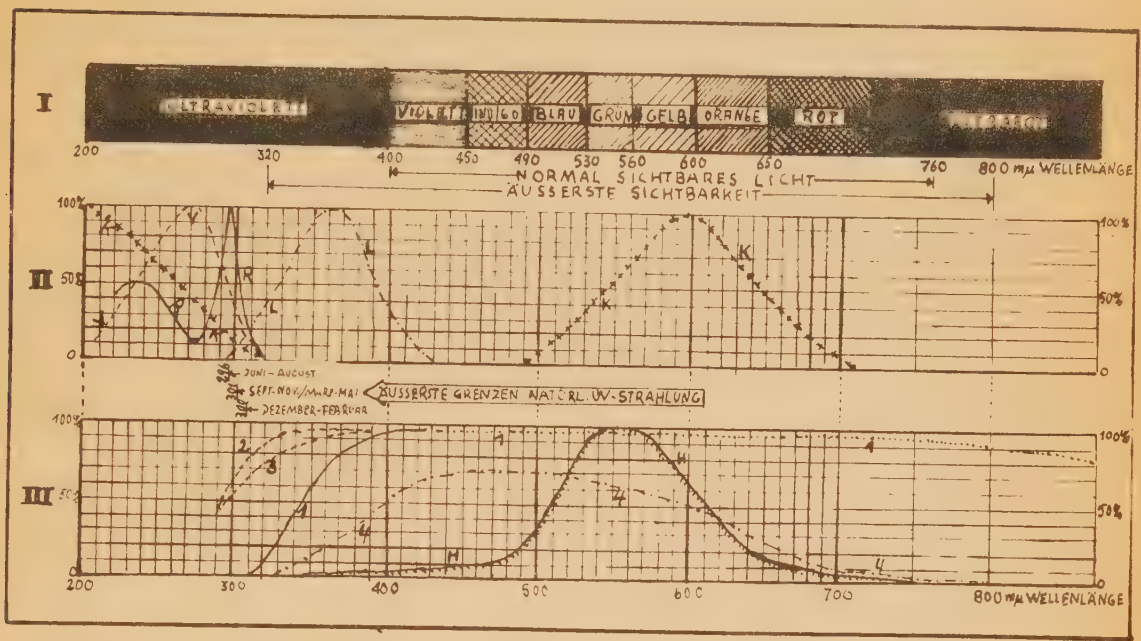
Nach Untersuchungen, die S t i e t e n r o t h 1951 durchgeführt hat, empfiehlt es sich, die in der vorstehenden Tabelle angeführten Zahlenwerte für die relative Feuchtigkeit in Rinderställen einzuhalten, um Mauerschäden zu vermeiden.

4) Licht und Sonne

Der große Einfluß des Sonnenlichtes auf das Allgemeinbefinden der Tiere ist unbestreitbar. Das Licht erhöht die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe und fördert so den Stoffwechsel, wie D a h m e n (3) und K l i m m e r (17) beweisen. Die der Gesundheit förderlichsten Strahlen sind die ultravioletten Strahlen mit einer Wellenlänge von 297 bis 313 m ($1 = 0,001 \text{ mm}$).

Außer der bakteriziden Wirkung, dem Abtöten von Tuberkelbakterien in 7 bis 8 Stunden, haben die ultravioletten Strahlen vor allem eine vitaminbildende Komponente.

Tabelle 8



Die Übersicht über die Wirkung des Sonnenlichtes wurde von V ö l k e r s (43), wie vorstehende Tabelle zeigt, sehr anschaulich graphisch dargestellt.

Das Sonnenlicht gelangt in den Stall durch Fensterglas, durch welches bei gewöhnlichen Glassorten mit einer Glasdicke von nur 2 mm die Strahlen der Wellenlänge bis 310 mμ überhaupt nicht durchgehen (H a u p t u. R a d k e (14). Selbstverständlich werden die ultravioletten Strahlen durch

die Staub- und Schmutzschichten der Stallfenster erst recht abgehalten und es ist bekannt, daß die Stallfenster in den meisten Fällen sehr wenig sauber gehalten werden. Daher ist die Verwendung von neuzeitlichen Glassorten, wie Ultravit und Uviolglas, die dem Durchgang der ultravioletten Strahlen besonders wenig Widerstand bieten, im allgemeinen zwecklos. Dem in den Stallraum gelangten Licht fehlt es deshalb an den ultravioletten Strahlen.

Mit dem Einfluß des Lichtes auf die Gesundheit der Stalltiere befassen sich die Untersuchungen von G o l d i n g e r (8). Dieser Autor beobachtet bei geringer absoluter Fensterfläche vermehrtes Auftreten von Tuberkulose, Abortus Bang und Aconceptio. Auch S t r e b e l (35) hat bei seinen Untersuchungen im Sinne der praktischen Stallkontrolle bei Ställen mit kleiner Fensterfläche ein vermehrtes Auftreten von Tuberkulose, Abortus Bang und Mangelkrankheiten festgestellt. Die Untersuchungen von S t r e b e l beziehen sich auf die von Kürsteiner und anderen erhobenen Forderungen, die eine Fensterfläche von mindestens 0,3 qm pro Großtier vorsehen. S t r e b e l verlangt als unterste Grenze für die Standplatzhelligkeit 25 Lux (die Beleuchtungsstärke wird in Lux gemessen. 1 Lux ist die von einer Hefnerkerze auf 1 qm senkrechte Fläche in 1 m Entfernung auffallende Lichtstärke). Tuberkulose wurde in den Stallungen mit unter 25 Lux Standplatzhelligkeit häufiger als in helleren Ställen festgestellt. Von den übrigen Krankheiten beobachtete S t r e b e l Aconceptio in den weniger belichteten Ställen häufiger, Abortus Bang und Retentio seltener.

Neben der gedeihlichen Wirkung des Lichtes auf den Stoffwechsel des Tierkörpers, fördert das Licht vor allem die Reinlichkeit. Ich zitiere H a u p t (14): "In den Stall muß deshalb viel Licht einfallen, damit es im Stall hell ist. Die Helligkeit ist der erste und beste Feind des Schmutzes. Jede primitive Hygiene beginnt mit der Reinlichkeit. Gebt viel Licht in den Stall, und der Bauer wird sein Vieh pfleglich behandeln."

Um genügend Licht in den Stall zu bringen, ist neben einer entsprechenden Lage des Bauwerks die Größe der Fenster-
glasfläche zu berücksichtigen. Z o r n (46) vertritt wie
viele andere Autoren die Ansicht, daß die Hauptfront des Stal-
les, besonders die Hauptfensterfront nach Süden oder wenig-
stens nach Südost oder Südwest liegen soll. Da die Sonnenstrah-
len im Winter für den Stall eine große hygienische Bedeutung
haben, dagegen im Sommer wegen der Wärmeproduktion nicht so
sehr erwünscht sind, sollen in den Stall vorwiegend Strahlen
der tiefstehenden Sonne mit einem Neigungswinkel bis höchstens
 45° gelangen können (S t i e t e n r o t h (32).

Im Schrifttum werden bestimmte Beziehungen zwischen Fen-
sterfläche und Bodenfläche gefordert. G e r s p a c h (7)
verlangt bei günstigem Klima und in Niederungen nicht unter
1:10, für rauhes Klima 1:15. K l i m m e r (17), W a -
g e n e r (44,45) und Z o r n (46) geben Zahlen von
1:15 bis 1:20 an.

Das Verhältnis der gesamten Fensterfläche zur Bodenfläche
gibt jedoch kein zutreffendes Bild. Es bestehen oft, durch die
Form und Konstruktion der Fenster bedingt, große Unterschiede
zwischen Fensterfläche, also der Mauerluke, und Glasfläche.
Daraus resultiert, daß die Forderung nicht Fenster zu Boden-
fläche, sondern Glasfläche zu Bodenfläche sein sollte. Die
Reichweite des Lichtes (1,7-fache Höhe des obersten Lichtein-
falles) ist dann ausreichend, wenn der im 30° Winkel auf den
Boden fallende Lichtstrahl die gegenüberstehende Wand oder den
von der anderen Seite kommenden Strahl trifft. Auf Hemmnisse
des Lichteinfalles durch Trennwände, die Tiere etc. ist zu
achten.

Die Beleuchtungsstärke wird in Lux gemessen. Für mensch-
liche Wohnungen wird eine Mindestbeleuchtungsstärke von 20 Lux
gefordert (v. E s m a r c h zit. nach F r e y (6).
Das Bulletin des "Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins"

verlangt, daß die geforderte Stärke der Allgemeinbeleuchtung in Wohnungen und Arbeitsräumen in horizontaler Ebene, 285 cm über Boden vorhanden sein soll und stellt folgende Normen für Aufenthalts- und Wohnräume auf:

Tabelle 9

Normen für Allgemeinbeleuchtung für Arbeits- und Wohnräume
(Bulletin des Schweizerischen Elektrotechn. Vereins).

Art der Ansprüche:	Allgemeinbeleuchtung mittlere Stärke	
	Empfohlener Wert: Mindestwert:	
niedrig	40 Lux	20 Lux
mittel	80 Lux	40 Lux
hoch	150 Lux	75 Lux

Da das Tier einen Aufenthalt im Freien vielfach entbehrt, also schlechte Lichtverhältnisse im Gegensatz zum Menschen nicht ausgleichen kann, glaubt R a s c h e r t (26), daß das für Rinderställe zu fordernde Minimum der Helligkeit höher liegen müsse als für den menschlichen Wohnraum und errechnet, daß die Helligkeit an jedem Standplatz eines Tieres etwa 25 bis 30 Lux betragen soll.

Für 25 bis 30 Lux Beleuchtungsstärke an allen Standplätzen wäre naturgemäß eine große Fensterfläche erforderlich, die wahrscheinlich Schwierigkeiten in wärmetechnischer Hinsicht zur Folge hätte. Da aber die Forderung, ein bestimmtes Mindestmaß an Licht zu erreichen, ihre Berechtigung hat, sind aus wärmetechnischen Überlegungen heraus unbedingt Doppelfenster zu fordern. Wichtig erscheint vor allem, daß überall im Stall eine gleichmäßige Helligkeit herrscht. Diese gleichmäßige Helligkeit ist jedoch weitgehend von der Verteilung der Fenster

und dem Einfallswinkel des Lichtes abhängig. Im Zusammenhang mit der Regelung der Helligkeit im Stallraum ergeben sich nachstehende Forderungen:

- a) Sonnenstrahlen dürfen in den Stall gelangen mit einem Neigungswinkel bis höchstens 45 Grad.
- b) Die Fenster sind so anzubringen, daß die Helligkeit im ganzen Raum eine möglichst gleichmäßige ist.
- c) Es sind Doppelfenster zu verwenden, damit wärmetechnisch eine größere Glasfläche erlaubt werden kann.
- d) Die nach Lux bemessene Beleuchtungsstärke im Stallraum muß in einem bestimmten Verhältnis zur Beleuchtungsstärke vor dem Fenster stehen und soll überall mindestens 0,75 % der Außenbeleuchtungsstärke betragen.
- e) Diese Forderung ist im allgemeinen erfüllt, wenn die Glasfläche mindestens $1/20$ der Stallgrundrißfläche beträgt.

5) Luftbewegung

Im Freien ist die Luft nahezu immer in Bewegung. Dort wird der Tierkörper, der sich frei bewegen kann, von der Luft gründlich, aber gleichmäßig umspült. Diese Umspülung des Körpers mit Luft wirkt als Hautreiz, der innerhalb gewisser Grenzen gesundheitlich von Vorteil ist. Im Stall jedoch, wo die Tiere meistens an ihrem Standplatz angebunden sind, kommt diese günstige Wirkung der Luftumspülung der Körperoberfläche ziemlich in Wegfall (S ü p f l e (36)). Wenn die Luft im Stall stagniert, bedeutet dies, daß einerseits weniger Sauerstoff an die Atmungsorgane der Tiere als bei einer geregelten Luftzirkulation herankommt, und andererseits die Wärmeabgabe der Tiere erschwert wird, weil sich um den Tierkörper ein Verbrauchtluftmantel legt. Hat man im Stall jedoch starke Luftbewegung ($= 0,5 \text{ m/sec.}$), so wird die Wärmeabgabe der Tiere durch die Haut einseitig gestört, im besonderen Maße natürlich dann, wenn die in den Stall gelangende Luft wesentlich kühler ist als die Stallluft. Dies

bewirkt namentlich durch die Störungen des thermoregulatorischen Zentrums Unbehagen und führt zu Erkältungskrankheiten. Durch diese starke einseitige Luftbewegung, die "Zugluft", wie sie häufig bei Öffnung gegenüberliegender Fenster oder Türen auftritt, sind besonders hochtragende und frischmelkende Kühe durch Euterentzündungen gefährdet. Plötzliche starke Abkühlung setzt die Widerstandskraft gegen Infektionen herab, wie Versuche von T r o m m s d o r f (41) gezeigt haben. Besonders groß ist diese Gefahr, wenn einzelne Tiere ihren Standplatz zu dicht bei Fenstern und Türen haben.

Falls die Zuluft mit zu großer Geschwindigkeit in den Stall eintritt, muß durch entsprechende Vorkehrungen an den Lüftungseinrichtungen, beispielsweise Prellflächen oder Verteilungskanälen, dafür gesorgt werden, daß der Luftstrom vor Erreichen des Tierkörpers in starkem Maße abgebremst wird. Der Luftaustausch zur Ableitung des Wasserdampfes, der Kohlensäure, der Riech- und Ekelstoffe sowie der überschüssigen Wärme muß zugarm erfolgen. C o r d s - P a r c h i m (2).

Bei den Ställen, in denen keine mechanische Lüftung eingebaut ist, also nahezu in allen Fällen, hängt die Art und das Ausmaß der Luftbewegung ab

- a) von der Außenluftbewegung (Windstärke und Windrichtung),
- b) von dem Temperaturunterschied zwischen Außenluft und Stallluft (Wärmeauftrieb),
- c) von den Lüftungseinrichtungen.

Eine grundlegende Voraussetzung für das Zustandekommen einer Luftbewegung im Raum ist das Vorhandensein von Zuluft- und Abluftöffnung. Die Luftdurchspülung des Raumes wäre am gleichmäßigsten, wenn die Zuluft im unteren Raumteil eingeführt würde. In Stallungen ist das jedoch nicht unbedenklich, weil dann die bodennahen Luftschichten zu kühl werden. Im allgemeinen ist es deshalb üblich, die Zuluft nahe unter der Decke in den Stall einzuleiten. Die kühle Zuluft erwärmt sich

dann, wenn sie in den Stall absinkt, durch Vermischung mit der wärmeren Raumluft. Nur dort, wo die Futtertröge bis zur Außenwand durchgehen, sind auch Zuluftkanäle im unteren Stallteil zu finden. Sie verlaufen dann unter dem Trog und haben Mündungen, die die Zuluft in den Futtergang leiten. Dort steigt die kühle Außenluft allmählich auf und gelangt über den Trog, dessen Wirkung einem Wehr vergleichbar ist, gleichmäßig verteilt zu den Atmungsorganen der Tiere.

6) Chemische Bestandteile der Luft

Auch die besten Stallluftverhältnisse können den Tieren niemals die reine atmosphärische Luft völlig ersetzen, wie sie bei Bewegung auf der Weide oder bei der Arbeit vor Wagen und Pflug eingeatmet wird. Die atmosphärische Luft enthält 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff, im Mittel 0,03 % Kohlensäure und 0,9 % Edelgase. Von den gasförmigen Bestandteilen der Stallluft werden zu den stallklimatischen Untersuchungen nur die Kohlensäure, das Ammoniak und der Schwefelwasserstoff herangezogen. Den Gehalt der Stallluft an Sauerstoff in die stallklimatischen Untersuchungen einzubeziehen, erübrigt sich; die gebildete Kohlensäure wird deshalb allgemein als Maß für die notwendige Lüfterneuerung angenommen; dieser Bedarf ist unabhängig von der sonstigen Beschaffenheit der Stallluft. Der Stickstoff findet als indifferentes Gas keine Beachtung. Methan, Indol, Skatol und Merkaptan kommen in so geringen Mengen vor, daß sie keine gesundheitsschädigende Wirkung besitzen.

Der in der freien Atmosphäre vorhandene Gehalt an Sauerstoff wird im Stall durch die Atmung der Tiere verringert, der Gehalt an Kohlensäure vergrößert. Die Zunahme der Stallluft an Ammoniak und Schwefelwasserstoff beruht auf der Vergärung

der Exkremente. Nachfolgende von S t i e t e n r o t h (33) zusammengestellte Tabelle gibt einen Überblick über das Auftreten von Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff im Freien und im Stall:

Tabelle 10

Der Gehalt an Kohlendioxyd, Ammoniak und Schwefelwasserstoff
in der freien Atmosphäre und in Ställen

	CO ₂ Liter/cbm	NH ₃ Liter/cbm	H ₂ S Liter/cbm
In der freien Atmosphäre	0,26 - 0,56	0 - 0,04	höchstens spuren
In Ställen nach den bisherigen Untersuchungs- ergebnissen	0,6 - 10,0	0 - 1	0 - 0,3

A) Kohlensäure (CO₂)

Der Kohlensäuremaßstab wurde von Max von P e t t e n - k o f e r (24) als Indikator für die Beschaffenheit der Luft bewohnter Räume eingeführt. Dieser Hygieniker bezeichnet eine Zimmerluft, die mehr als 1 Vol. p. m. Kohlensäure enthält, als verdorben. Aber nicht deshalb, weil die Kohlensäure in den vorkommenden Konzentrationen gesundheitsschädlich wäre, sondern weil sie auf einen zu geringen Luftwechsel schließen läßt. Die Giftigkeit der Kohlensäure in den im Stall vorkommenden Konzentrationen ist sehr gering. Eine Erschwerung der Atmung tritt erst bei etwa 40 %o ein. Der tierische Organismus kann sich auch an 50 %o Kohlensäure gewöhnen. Erst bei Konzentrationen von über 80 %o Kohlensäure tritt Bewußtseinsstörung und Erstickung ein. H o f m a n n (13).

Die für die Gültigkeit des Pettenkoferschen Kohlensäuremaßstabes notwendige Voraussetzung, daß die Zunahme der Kohlensäure lediglich durch die Atmung geschieht, trifft für den Stall nicht uneingeschränkt zu. Je nach der Führung des Stallbetriebes verbleiben die Ausscheidungen der Tiere kürzere bzw. meist längere Zeit im Stall, bieten also die Möglichkeit zu Zersetzungs Vorgängen. Diese führen zur Entwicklung gewisser Kohlensäuremengen, so daß der Kohlensäuregehalt auch des nichtbesetzten, ungereinigten Stalles bereits höher sein wird als derjenige der atmosphärischen Luft und der Luft im leeren menschlichen Wohnraum.

Die atmosphärische Luft enthält im Mittel 0,3 Vol. % Kohlensäure. D e u t s c h (4) fand in einem unbesetzten, sehr reinlichen Pferdestall 0,45 Vol. % Kohlensäure und in einem anderen ebenfalls reinlich gehaltenen Stall 0,85 Vol. % Kohlensäure; während der Untersuchungszeit waren von 35 Pferden nur 2 Tiere anwesend. Etwas höhere Ergebnisse, nämlich 1,38 bis 1,48 Vol. % Kohlensäure, fand L e h m e y e r (21). Die Untersuchungsbefunde differieren um einiges, finden aber ihre Erklärung in der mangelhaften Stallpflege der von Lehmeier untersuchten Ställe.

Diese Beobachtungen zeigen, daß bei unzweckmäßiger Führung des Stallbetriebes damit gerechnet werden muß, daß der Kohlensäuregehalt schon im unbesetzten Stall 1,5 Vol. % betragen kann. Auf Grund dieser Überlegungen wurde ein Kohlensäuremaßstab für die Stallluft geschaffen. Dieser Kohlensäuremaßstab bezeichnet eine Stallluft von mehr als 2,5 bis 3,0 Vol. % als schlecht. S c h u l z e und M ä r k e r (30), D e u t s c h (4), L e h m e y e r (21).

Da die mit Kohlensäure angereicherte Stallluft als verbraucht anzusehen ist, wurde in der Literatur immer wieder die Frage gestellt, ob die mit Kohlensäure beladene Stallluft gleichmäßig verteilt ist, oder wo sie sich vorwiegend im Stall befindet. Sehr häufig wird angegeben, daß die Stallluft hauptsächlich am Boden mit Kohlensäure angereichert sei. Wahrscheinlich ist diese Vorstellung deshalb so verbreitet, weil es bekannt ist,

daß in Gärkellern die Kohlensäureschicht am Boden lagert. Die Verhältnisse sind jedoch im Stall völlig anders, weil hier die kohlenensäurehaltige Ausatemungsluft der Tiere mit nahezu Körpertemperatur und mit Wasserdampf gesättigt in den Stallraum tritt. Diese warme und feuchte Ausatemungsluft ist aber spezifisch leichter als die durchschnittliche Stallluft und strebt deshalb nach oben. S t i e t e n r o t h (33) hat zur Klärung dieser Frage festgestellt, daß das spezifische Gewicht der Atmungsluft mindestens 5 % leichter ist als die durchschnittliche Stallluft.

Die Kohlensäure gilt nicht nur als Maßstab für den Grad der Verunreinigung der Stallluft, sondern auch für den Umfang der Lüfterneuerung bei feststehendem Luftraum des Stalles bzw. bei feststehendem (meist 2 - 3maligem) Luftwechsel in der Stunde für die Höhe des Stalles.

Die Kohlensäureausscheidung beträgt für 1 kg Pferd 241 ccm, für 1 kg Rind 320 ccm. Zur bequemeren Rechnung sei für 1 kg Großtier eine stündliche Produktion von 270 ccm angesetzt. Da ein Gehalt von 3 ccm CO_2 in 1 Liter Luft als erträglich gilt und die Frischluft 0,3 ccm in einem Liter enthält, kann 1 Liter Frischluft noch 2,7 ccm Kohlensäure aufnehmen. Um 270 ccm Kohlensäure auf den erträglichen Stand zurückzuführen sind $\frac{270}{2,7} = 100$ Liter = 0,1 cbm, für 500 kg Großtier also 50 cbm Luft erforderlich. Bei 2 - 3maligem völligen Luftwechsel würde also je Großtier 20 - 30 cbm Luftraum erforderlich sein, woraus sich die Stallhöhe ergibt. Entsprechend kann bei gegebenem Luftraum auch der Faktor des Luftwechsels bzw. die Kapazität der Ventilation berechnet werden. Der etwas höhere Ventilationsbedarf durch andere Kohlensäureproduktion als der Atmung und Unregelmäßigkeiten der Ventilation ist hierbei berücksichtigt. Da es sich um Lebewesen handelt, bei denen auch die Atmung und damit die Kohlensäureproduktion gewissen Schwankungen unterliegt, dürfen die Anforderungen nicht zu knapp bemessen sein. Gegenüber der Wasserdampfausscheidung ist die Kohlensäureausscheidung jedoch von der Stallatmosphäre unabhängig.

Über den Kohlensäuregehalt, der bei den Stallbeobachtungen von 7 Autoren festgestellt werden konnte, gibt die nachfolgende Tabelle einen Überblick:

Tabelle 11

CO₂-Gehalt, der in der Stall-Luft festgestellt wurde

Autor und Jahr der Untersuchungen	Zahl d. Unter- suchung	CO ₂ Gehalt der untersuchten Ställe in Vol.‰	unter 1 ‰	von 1-2‰	von 2-3‰	von 3-4‰	von 4-5‰	von 5-6‰	über 6‰
Hofmann 28/29	75	1,13-9,07 (0,61-2,02)	(6)	2(30)	6(2)	12	12	4	1
Lehmeyer 24/25	58	0,81-6,58	1	20	22	8	4	2	1
Deutsch	13	1,50-4,57	—	3	6	3	1	—	—
Hofmann 25/26 Betriebe ohne Güllegrube im Stall	14	0,65-2,90	(4)	(5)	(5)	—	—	—	—
Dober 38/39	27	0,485-4,60	(3)	5(5)	11	—	3	—	—
Traub 31/32	39	1,28-6,81	—	7	6	8	9	6	3
Stietenroth 32/33	45	2,39-8,57	—	—	7	12	9	6	11
	251	0,48-8,57	1(13)	35(40)	58(7)	43	38	18	16

Demnach kann man im allge-
meinen bezeichnen:

als gut:

Stallluft mit einem Kohlensäure-
gehalt bis zu 2,5 Vol. ‰.

als mittelmäßig:

Stallluft mit einem Kohlensäure-
gehalt bis zu 4,0 Vol. ‰.

als schlecht:

Stallluft mit einem Kohlensäure-
gehalt über 4,0 ‰.

B) Ammoniak (NH_3)

Das Ammoniak der Stallluft entsteht vorwiegend bei der ammoniakalischen Gärung des Harns. Das Auftreten von Ammoniak ist immer dann zu erwarten, wenn der Harn nicht alsbald nach dem Absetzen rasch und vollständig abfließt. K l i m m e r (17) erwähnt dazu in seiner Vet.-Hygiene, das Ammoniak trete namentlich in den Pferdeställen bei mangelhafter Ventilation oft genug in so erheblichen Mengen (0,5 - 1 Vol. %) auf, daß es die Augenbindehaut und Respirationsschleimhaut reizt. Auch T r a u b (40) sagt, daß das Ammoniak sich von gewissen Konzentrationen ab (0,004 Vol. %) an seinem stechenden Geruch erkennen ließe.

Der Ammoniakgehalt der Stallluft kann für die Tiere schädlich werden. Grundlegende experimentelle Feststellungen über den Einfluß von Ammoniak auf den Organismus hat L e h m a n n (18,19) in den Jahren 1886 - 1902 durchgeführt. Auf Grund seiner exakten Untersuchungen läßt sich für Ammoniak nachfolgende Tabelle zusammenstellen:

Tabelle 12

Giftwirkung des Ammoniakgehaltes in der Luft

0,5 Vol. %	Schwache Reizsymptome
1,0 Vol. %	Starke Reizsymptome
2,0 Vol. %	Längerer Aufenthalt nicht unbedenklich
2,5 Vol. %	Nach 8½-stündigem Aufenthalt sehr ernste Schädigungen (Tracheitis, Conjunctivitis, Hämorrhagien in die Stimmbänder)
4 - 5 %	Rasch lebensgefährlich, oder veranlassen doch wenigstens Pneumonien.

L e h m a n n (20) fügte zu den an Hunden gewonnenen und in Tabelle 12 zusammengestellten Ergebnissen drei Versuche an sich selbst bei, welche mit den Tierversuchen sehr gut übereinstimmen und kommt zu dem Schluß: "Ich glaube, daß 0,3 bis 0,5 Vol. % bei einiger Gewöhnung längerer Zeit ohne wesentlichen Schaden ertragen werden können, und bin auch der Meinung, daß Dosen von 1 - 2 Vol. % bei kurzem Aufenthalt ohne Gefahr sind. Jedenfalls dürften Mengen über 0,5 Vol.% in Räumen für längeren Aufenthalt als entschieden unzulässig zu bezeichnen sein."

Die mühsamen Versuche haben für Ammoniak ergeben, daß die Tiere (Hunde) allmählich Dosen ohne besondere Schwierigkeiten vertragen, die etwa 2,5 bis 4 mal so groß sind wie die, welche von Anfang an vertragen wurden, gleichgültig ob das Versuchstier individuell eine höhere oder geringere Resistenz zeigt. Die erheblichen Ammoniakmengen werden zum größten Teil nicht von der Lunge, sondern von Haut und Haaren des Tieres gebunden, und zwar spielen die Haare eine weit wichtigere Rolle als die Haut. Das Steigen der Ammoniakabsorption ist durch den Wassergehalt der Wolle bedingt.. K i s s k a l t (16).

S e i f e r t (31) kommt wie L e h m a n n (20) zu demselben Ergebnis, daß ein Ammoniakgehalt von 1,0 bis 1,4 Vol. %, der anfangs die heftigsten Symptome auslöste, ohne besondere Beschwerden, ja oft ohne Zeichen der Reizung nach verhältnismäßig kurzer Gewöhnung ertragen wurde. Dabei ist aber offen zugegeben, daß Dosen von 1,0 bis 1,50 Vol. % auch bei gewöhnten Tieren dann und wann, und zwar meist vorübergehend leichte Reizsymptome auslösten. Die absoluten Werte, an die S e i f e r t die Tiere gewöhnen konnte, sind ähnlich wie bei L e h m a n n . Dabei konnte der Autor keinerlei anatomische wie histologische Veränderungen beobachten.

Die von R o n z a n i (27) durchgeführten Untersuchungen ergeben, daß die Dosis von 1,1 Vol. % die Maximalmenge von Ammoniak darstellt, welche längere Zeit eingeatmet zu werden vermag, ohne daß die Verteidigungskräfte des Organismus gegenüber den infektiösen Krankheiten irgendwelchen Schaden erleiden; wohingegen die Dosis von 0,5 Vol. %, welche von anderen Forschern als unschuldig bezeichnet wurde, dies bei längerer Einatmung nicht ist.

Die von den einzelnen Autoren während ihrer stallklimatischen Untersuchungen über den Ammoniakgehalt der Stallluft gefundenen Werte sind in unterstehender Tabelle zusammengefaßt:

Tabelle 13

Ammoniakgehalt, der in der Stall-Luft festgestellt wurde

Autor und Jahr der Untersuchungen:	NH ₃ -Gehalt Vol. %:	Zahl der untersuchten Ställe:	
			NH ₃ freie:
Hofmann (12) 1925/26	0,030-0,160 (ohne Gülle- Betrieb)	5	
	0,06-1,55 (mit Gülle- Betrieb)	18	
Deutsch (4) 1928	0,026-0,107	13	6
Süpfle Hofmann(37) 1928	0,11-1,55 (Güllebetrieb)		
Süpfle Hofmann(38) 1929	0,05-0,25	14	
Traub (40) 1931/32	0 - 0,04	40	5
Stietenroth (32) 1932/33	0 - 0,112	25	2
Dober (5) 1939	0,031-0,322	43	

Wie die Tabelle zeigt, konnte in einigen Ställen Ammoniak nicht nachgewiesen werden. Der Ammoniakgehalt des Stalles ist also geradezu ein Gradmesser für die Sauberkeit des Stalles, soweit sie mit der Behandlung der Exkremente zusammenhängt.

In Ställen, die Anspruch auf Hygiene haben, sollte der Ammoniakgehalt 0,05 Vol. % nicht überschreiten.

C) Schwefelwasserstoff (H_2S)

Schwefelwasserstoff ist gleichfalls ein Gas mit Giftwirkung. Es tritt hauptsächlich in bestimmten Stallungen, den sogenannten "Gülleställen", auf. Die Güllegrube befindet sich in diesen Stallungen innerhalb des Stallgrundrisses. Kot und Harn werden in dieser Grube gemischt, um einen Gärungsprozeß mitzumachen. In diesen Stallungen findet man naturgemäß mehr Kohlensäure und Ammoniak als in Ställen ohne Güllebetrieb. Das Hauptmerkmal bildet jedoch das regelmäßige Vorkommen von Schwefelwasserstoff. Die Untersuchungen von Süpfle, Hofmann und Walz (37,39) ergaben im Güllestall einen Schwefelwasserstoffgehalt von 1,11 bis 0,3 Vol. %, während in der Luft von Stallungen ohne Güllebetrieb niemals Schwefelwasserstoff nachzuweisen war. Stietenroth (33) fand jedoch, daß, in Stallungen gewöhnlicher Art, in denen der Jaucheabfluß durch Mist zeitweilig gestaut ist, was in nahezu allen von ihm untersuchten Stallungen der Fall war, stets mit Schwefelwasserstoff zu rechnen ist; in seinen Untersuchungen war das höchste Schwefelwasserstoffvorkommen 0,019 Vol. %. Auch Traub (40) hat in zwei sehr unsauber gehaltenen Stallungen Schwefelwasserstoff in Mengen von 0,003 und 0,001 Vol. % festgestellt.

Die Experimente an Tieren und Menschenbeobachtungen durch Lehmann (19) ergaben, daß eine Konzentration von 0,090

bis 0,130 Vol. % Schwefelwasserstoff die Schleimhäute reizt. Bronchialkatarrhe entstehen bei 0,230 Vol. %. Versuchstiere zeigen bei längerdauernder Einatmung im Gegensatz zur Ammoniak-einatmung keine Gewöhnung, sondern größere Empfindlichkeit und eine Steigerung der Infektionsbereitschaft.

Schwefelwasserstoff spielt bei stallklimatischen Untersuchungen von Ställen ohne Güllebetrieb eine untergeordnete Rolle. Nur bei Unsauberkeit wird mit dem Vorkommen von Schwefelwasserstoff in unbedeutenden Spuren zu rechnen sein.

E s s o l l t e d e s h a l b v e r l a n g t
w e r d e n , d a ß s i c h i m h y g i e n i s c h
e i n w a n d f r e i e n S t a l l k e i n e S p u -
r e n v o n S c h w e f e l w a s s e r s t o f f
f e s t s t e l l e n l a s s e n .

III. Eigene Beobachtungen und Untersuchungen

1) Die Ausgangspunkte

Wie eingangs schon erwähnt wurde, ist das Stallklima von maßgebender Bedeutung für die ~~Gesundhaltung~~ und Leistungsfähigkeit unserer Nutztiere. Die Beobachtungen in meiner tierärztlichen Praxis zeigen im Gegensatz zu den von mir stallklimatisch untersuchten Ställen, wie primitiv die Begriffe von Hygiene teilweise noch sind. Die Tiere müssen oft ihr ganzes Leben in Räumen zubringen, die selbst bei hellstem Sonnenschein nur durch trübes elektrisches Licht schwach beleuchtet werden können. Die Stallhöhe reicht für einen Menschen von 1,80 m Größe nicht immer aus, um sich ungebückt zu bewegen. In den Löchern des Fußbodens staut sich die Jauche, und der Mist wird von einigen Landwirten nur zweimal wöchentlich entfernt. Diese tierunwürdigen Höhlen sind die besten Brutkästen für Krankheits-
erreger, vor allem für die Tuberkulose.

Die Meinungen und Ansichten über die besten stallhygienischen Verhältnisse gehen in manchen Punkten auseinander. Es bedarf einer Klärung, welche Forderungen hinsichtlich der einzelnen Faktoren gestellt werden müssen. Die vom Verfasser durchgeführten Untersuchungen und ihre Ergebnisse mögen dazu beitragen, Unklarheiten zu beseitigen und Mittel und Wege aufzuzeigen, die geeignet sind, zur stallhygienischen Sanierung unserer Rinderställe beizutragen.

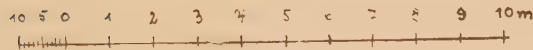
A) Gesichtspunkte für die Auswahl der Untersuchungsobjekte

Die Auswahl der Ställe erfolgte durch das Tierhygienische Institut Freiburg nach baulichen, betrieblichen und persönlichen Gesichtspunkten mit dem Ziel, durchschnittliche Verhältnisse bei den Untersuchungsobjekten zu haben. Der bauliche Zustand der Ställe ist durchwegs gut. Die innere Aufteilung der Stallungen ist für die Gegend charakteristisch. Die Betriebe sind in ihrer Art und Führung einheitlich. Es handelt sich

um mittlere Bauernbetriebe von 4,2 bis 7,5 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche. Zwei Ställe sind Züchterbetriebe mit schönem, ausgeglichenem Zuchtmaterial. Die Beobachtungen bzw. das Ablesen der Temperatur und der Feuchtigkeit sowie deren Eintragungen wurden von den Besitzern, ihren Angehörigen oder dem Stallpersonal nach entsprechender Einweisung gewissenhaft durchgeführt. Die sehr aufgeschlossenen Besitzer verfolgten die Untersuchungen mit großem Interesse und gaben auf alle Fragen bereitwillig Auskunft; selbst die Rauchversuche konnten daher anstandslos durchgeführt werden. Den Landwirten bin ich hierfür zu besonderem Dank verpflichtet.

B) Beschreibung der untersuchten Ställe

Die 9 in der Umgebung von Freiburg i. Brsg. von mir in der Zeit vom 20. Februar 1951 bis 12. April 1951 untersuchten Ställe verteilen sich auf 4 Gemeinden, so daß noch Vergleichsmöglichkeiten der Ställe innerhalb der gleichen Gemeinde gegeben sind. Die Stallungen zeigen durch ihre Verschiedenheit in Größe, Belegungsstärke und Bauart einen gewissen kennzeichnenden Querschnitt. Das nachstehende Verzeichnis der untersuchten Ställe sowie die schematischen Grundrisse geben Auschuß über deren Größe, Belegungsstärke, Lage und Art, sowie über Art und Größe des landwirtschaftlichen Betriebes:

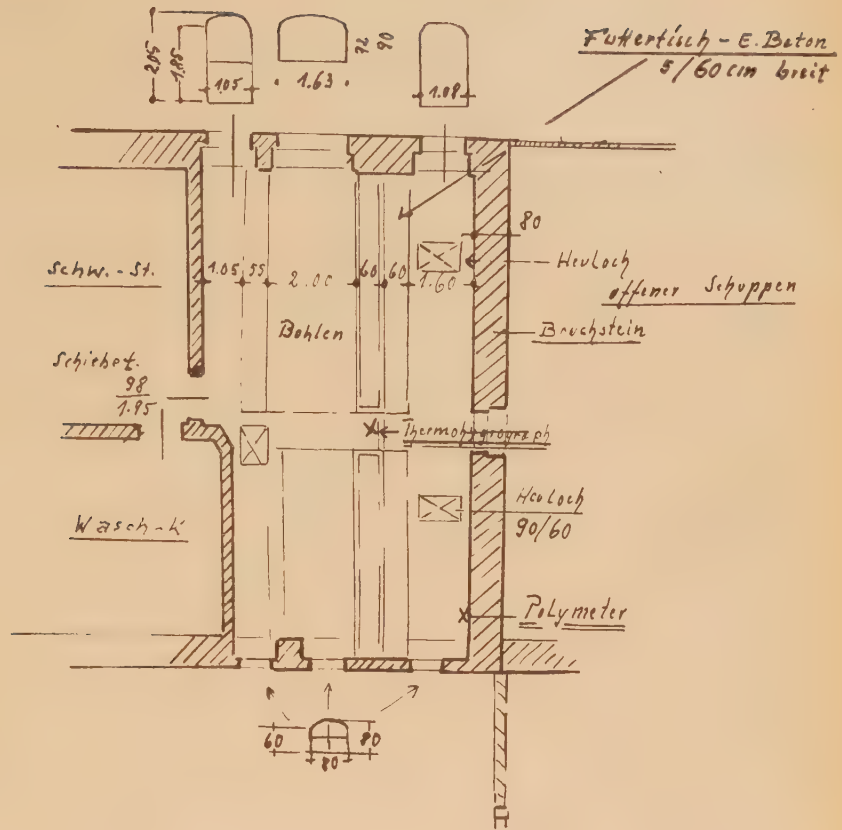


Stallhöhe: i. Futtergang 2.60m
i. Mistgang 2.70m

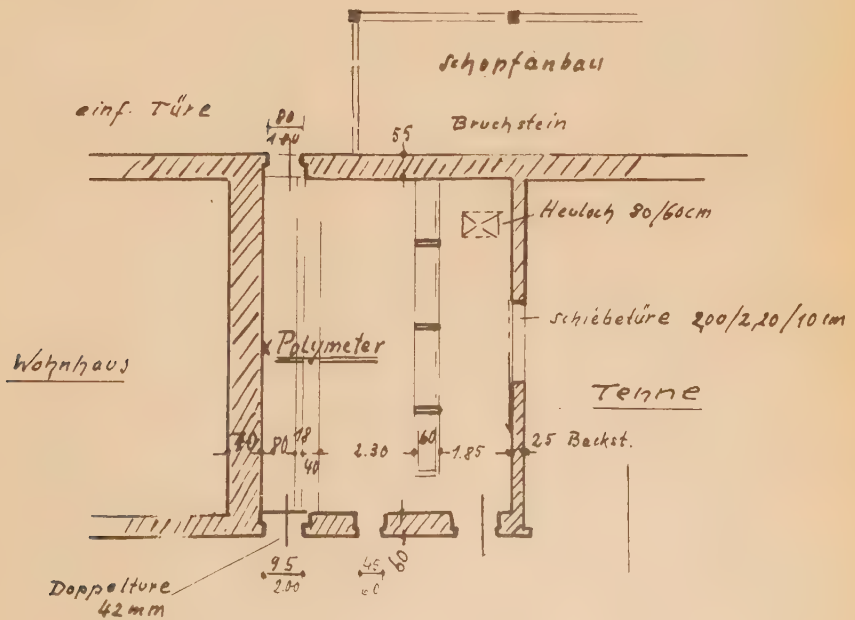


Nr. 8 Staiger

[illegible]



Nr. 7 Koch



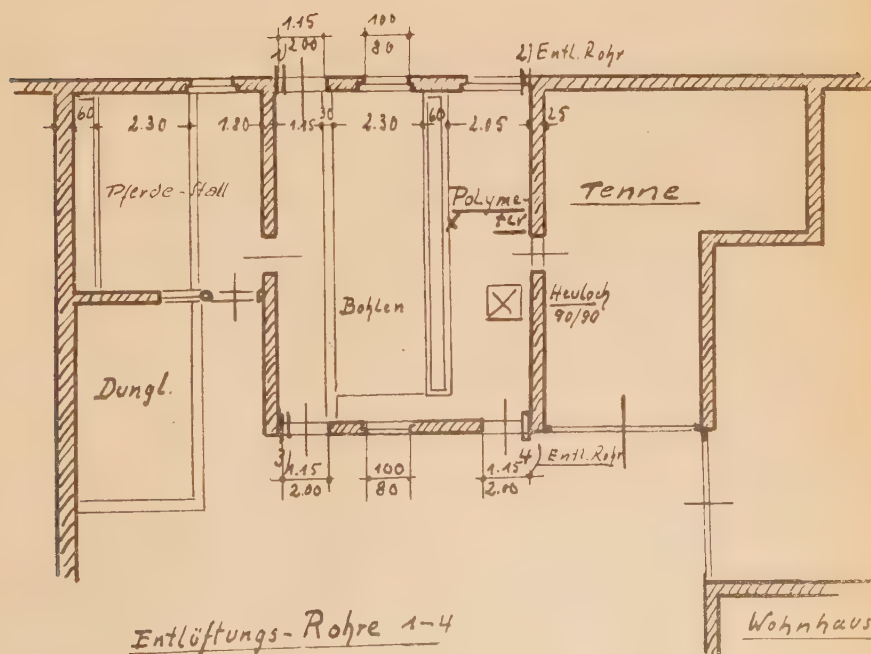
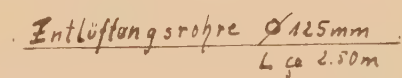


Tabelle 14

Verzeichnis der untersuchten Stallungen

Stall- Nr.	Benennung des Betriebes Art und Größe	Stall- größe cbm	Groß- vieh- Einh. 500kg	Stall- größe pro Groß- vieh- einh. cbm/ 500kg	Stand- länge in m	Futter- gang- breite in m	Stall- gang- breite in m
1	Farrenstall Gundelfingen	215	6,5	34,6	2,80	2,55	1,50
2	Danzeisen, Gundelfingen Hackfrucht- Getreide- Gartenbau; 6 ha	274	13,2	20,6	2,20	3,10	1,25
3	Sailer, Wolfenweiler Weinbau; 4,5 ha	129	4,2	30,7	2,30	2,05	1,15
4	Rupp, Wolfenweiler, Weinbau; 4,2 ha	117	3,9	30,0	2,70	3,00	1,40
5	Mangold, Bollschweil, Obst-Wein- bau; 5,5 ha	275	7,2	38,1	2,25	2,65	1,24
6	v. Holtzing, Bollschweil, Hackfrucht- Getreide- Gartenbau; 12ha (davon 6 ha Gartenbau)	165	9,8	16,8	2,00	2,20	1,05
7	Koch, Bollschweil, Hackfrucht- Obst-Wein- bau; 7,5 ha	110	7,0	15,7	2,30	1,85	0,80
8	Staiger, Bollschweil, Hackfrucht- Weinbau; 5,5 ha	118	4,9	24,0	2,20	1,65	1,15
9	Seehof, Titisee, Weide- betrieb;	325	11,0	30,0	2,20	4,15	1,40

Allen Stallungen gemeinsam ist ein sehr breiter Futtergang und ein verhältnismäßig schmaler Stallgang. In die Futtergangdecke mündet ein Heuloch, welches zusätzlich und ungewollt der Lüftung dient. Die Breite der Futter- und Stallgänge sowie die Standlänge ist in vorstehender Tabelle zusammengefaßt.

Weitere Angaben über die Baustoffe sind in folgender Übersicht enthalten:

Tabelle Nr. 15

Baustoffe der Stallungen.

Stall Nr.	Stallboden				Stallwände						Stalldecke							
	Viehläger		Futter- u. Mistgang		Innenwände			Aussenwände			Hohlkörperdecke zwischen Holzbalken	Hohlkörperdecke zwischen Betonbalken	Hohlkörperplatten zwischen I-Trägern	Bimsvollsteine zwischen Beton	Beton schicht	Holzdecke mit Streifboden	Bohlenbelag	Von der gesamten Deckenfläche ist mit Heu bzw. Stroh bedeckt
	Holz / Bohlen / auf Beton	Tierplattenhohlkörper auf Beton	Beton	geriffelte Steinzeugplatten	Bruchsteine 2seitig verputzt	Vollziegel 2seitig verputzt	Wandstärke in cm	Bruchsteine 2seitig verputzt	Vollziegel 2seitig verputzt	Wandstärke in cm								
1	1	—	1	1	1	—	60	1	—	60	—	—	1	—	1	—	—	1/4
2	—	1	1	—	—	1	38	—	1	38	—	1	—	—	1	—	—	3/4
3	1	—	1	—	—	1	25	—	1	25	—	—	—	1	1	—	—	—
4	1	—	1	—	—	1	25	1	—	60	—	1	—	—	1	—	—	1/2
5	1	—	1	—	1	—	60	1	—	60	—	1	—	—	1	1	1	1/2
6	1	—	1	—		1	25	1	—	80	—	—	—	—	—	1	1	—
7	—	1	1	—	1	—	70	1	—	60	1	—	—	—	1	—	1	1/2
8	1	—	1	—	—	1	25	1	—	60	—	—	—	—	1	1	1	—
9	siehe besondere Beschreibung auf Seite 33ff.																	

Die Aufstallung ist bis auf Stall Nr. 2 einreihig. Im Stall Nr. 2 stehen die Tiere zu einem gemeinsamen Futtergang. Die Breite dieses Futterganges erlaubt es, mit beladenem Wagen einzufahren.

Der Mittellangstand mit einer Länge von 2,0 bis 2,30 m ist bis auf Stall Nr. 1 und 4 in allen Stallungen anzutreffen. Stall Nr. 1 und 4 haben eine Standlänge von 2,80 m bzw. 2,70 m. Eine tieferliegende Kotplatte ist mit Ausnahme von Stall Nr. 1 überall vorhanden, und dient in Stall Nr. 3 und 4 gleichzeitig als Jaucherinne. In den anderen Ställen sind gedeckte Jaucherinnen eingebaut. Die Jauche hat in allen Stallungen nach der außerhalb des Stalles liegenden Jauchegrube Abfluß. Die Jauchegrube befindet sich jeweils unter der Düngerstätte.

Die Lüftungseinrichtungen sind verschiedenartig in ihrer Form und Leistung und meist nur als Entlüftung gedacht. Ohne jegliche Lüftungseinrichtung sind die Ställe Nr. 1, 5 und 6. In diesen drei Stallungen ist das Heuloch Ersatz für eine Lüftungsanlage.

Tabelle 16

Stall Nr.	Zuluft	Vorhandene Einrichtungen für Abluft
1	Nichts vorhanden	(Heuloch)
2	Nichts vorhanden	Deckenschlitze 4/16 cm, zu Kanälen in der Hohlkörperdecke, die von der Tenne bis zum Wagenschopf durchgehen. 3 horizontale Kanäle
3	4 waagrechte Wandrohre mit einem Durchmesser von 10 cm, je 2 in Nord- bzw. Südwand.	
4	2 Steinzeugrohre über Futtergang. 1 Steinzeugrohr über Mistgang. Durchmesser 15 cm. Die Rohre münden unterhalb des Dachfirstes aus. Die Rohre sind nicht isoliert.	
5	Nichts vorhanden	(Heuloch)
6	Nichts vorhanden	(Heuloch)
7	Nichts vorhanden	Deckenschlitze 5/15 cm, zu Kanälen in der Decke. Die 3 Kanäle laufen vom Futtergang bis zur Tenne durch. Öffnungen in der Tenne, 15 cm Durchmesser.
8	Nichts vorhanden	Abluftschacht 30x30 cm aus 2,5 cm dicken Brettern. Ohne Wärmedämmung. Ausmündung unterhalb des Firstes an ungünstiger, winkelliger Stelle.
9	Mechanische Lüftung. Wärmetauscher der Firma Joeler, Hauptwil (Schweiz). Stündliche Leistung: 600 Nm 3/h.	

Der Ort der Anbringung der einzelnen Lüftungseinrichtungen ist aus der schematischen Grundrißzeichnung zu ersehen. Der im Stall Nr. 9 eingebaute Joeler-Selbstheizlüfter wird in einem späteren Kapitel beschrieben (Seite 59).

C) Organisation der Stallbeobachtungen

Nach der Anbringung der Instrumente in den Ställen wurde eine zum Betrieb gehörende zuverlässige Person in die dreimal täglich vorzunehmende Ablesung eingewiesen. Neben den Instrumenten wurden die Listen für einzutragende Ablesungen angebracht. In die Listen wurden Tag, Uhrzeit, Temperatur, relative Feuchtigkeit und Beobachtungen über Schweißwasserbildung eingetragen. Die Ablesungen wurden in der Regel um 7.00 Uhr, 12.00 Uhr und 19.00 Uhr vorgenommen. Die Standorte für die Anbringung der Instrumente wurden teils durch grundsätzliche, teils durch praktische Überlegungen bestimmt. Die Anbringung der Instrumente ist aus Abb. 1-8 zu ersehen. Im Abstand von 3 bis 5 Tagen wurden die Eintragungen gemacht, die Listen erneuert, die Thermohygrographen nachgesehen, gereinigt sowie mit neuen Blättern beschickt und, wenn notwendig, justiert.

Neben den Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen wurden der Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft gemessen. Die chemischen Bestimmungen wurden im ganzen nur zweimal durchgeführt, da die Apparatur nur beschränkte Zeit zur Verfügung stand. Bei den jeweiligen Kontrollbesuchen wurde meist die Beleuchtungsstärke außen und innen mit einem Luxmeter gemessen, auch wurden Aufzeichnungen über den Stallbetrieb und den Gesundheitszustand, sowie die Pflege der Tiere vorgenommen.

D) Beschreibung der Instrumente zur physikalischen Luftuntersuchung

Für die Messung der Stalltemperatur sowie der relativen Feuchtigkeit wurden Polymeter benutzt, eine Kombination von

Thermometer mit 1° Teilung und Haarhygrometer. Um im Stall die vertikale Verteilung der Lufttemperatur zu messen, wurden Thermometer mit $1/5^{\circ}$ Einteilung verwendet. Zur Registrierung der relativen Luftfeuchtigkeit waren in zwei Ställen Hygrographen mit 7-tägigem Umlauf angebracht. Jeder der Hygrographen war mit einem Thermographen kombiniert. Die Feuchtigkeitsangabe der Polymeter und der Thermohygrographen wurde mit Hilfe eines Schleuderpsychrometers kontrolliert und notfalls justiert.

Die Verteilung der Instrumente zur Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung erfolgte, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist so, daß in jeder Ortschaft ein Thermohygrograph für die Registrierung der Außentemperatur und Feuchtigkeit angebracht wurde.

Tabelle 17

Verteilung der Meßinstrumente:

Stall Nr.	Gemeinde:	Polymeter:	Thermohygrograph	
			innen:	außen:
1	Gundelfingen	1	-	-
2	Gundelfingen	1	-	1
3	Wolfenweiler	1	-	1
4	Wolfenweiler	1	-	1
5	Bollschweil	1	-	-
6	Bollschweil	1	1	1
7	Bollschweil	1	-	-
8	Bollschweil	1	1	-

E) Beschreibung des Verfahrens zur quantitativen
Bestimmung von Kohlensäure

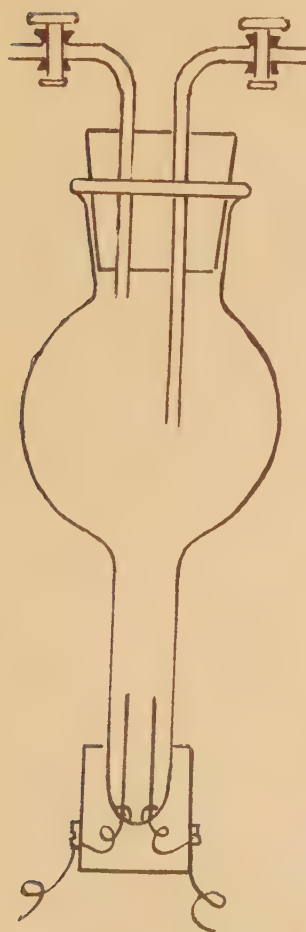
Die früher benutzten Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Kohlensäure und Ammoniak, so auch diejenigen von S ü p f - l e , H o f m a n n , T r a u b und S t i e t e n - r o t h waren sehr zeitraubend und besaßen infolge der Unhandlichkeit der Apparate große Nachteile. Es wurde auf Vorschlag von Herrn Dr. Stietenroth⁺ ein vom Institut für Bodenkunde der landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim entwickeltes Gerät zur Bestimmung der Kohlensäure bei der Bodenatmung, welches von Herrn Dr. Schmid⁺ dem Zweck der Kohlensäurebestimmung der Stallluft angepaßt wurde, verwendet.

Es wird bei diesem Gerät der Kohlensäuregehalt der Stallluft durch elektrolytische Titration bestimmt. Die elektrischen Meßgeräte sind in einem handlichen, tragbaren Koffer untergebracht. Als Stromquelle dienen drei hintereinander geschaltete Taschenlampenbatterien. Der Strom geht über einen vorgeschalteten Sicherungswiderstand zum regulierbaren Vorwiderstand über das Ampèremeter. Das Ampèremeter hat einen Meßbereich bis 3mAmp. Aus der am Ampèremeter für den Versuch eingestellten Stromstärke i (mAmp.) und der mit einer genauen Stoppuhr gemessenen Zeit t (sec.) läßt sich jeweils die zur Titration benötigte Elektrizitätsmenge, $i \times t$, genau bestimmen. Wurde bei der ersten Messung übertitriert, so wird nach Umpolen mit Stromstärke i_1 während der Zeit t_1 zurücktitriert. Die hierfür benötigte Elektrizitätsmenge ist dann $(i \times t - i_1 \times t_1)$.

+ Herrn Dr. Ing. K. Stietenroth, Grab, und Herrn Dr. rer. nat. E. Schmid vom Institut für technische Physik Stuttgart, bin ich für die stets bereitwillige Beratung in bautechnischen, physikalischen und chemischen Fragen zu größtem Dank verpflichtet.

Nachfolgende Zeichnung zeigt in schematischer Darstellung das Elektrodengefäß. Dieses besteht aus einem kugeligen Glasbehälter, der sich nach unten in einen rohrförmigen Ansatz mit 10 ccm Inhalt fortsetzt. Am Grunde dieses Ansatzstückes sind zwei sich parallel gegenüberstehende Platinelektroden eingesmolzen, deren eine aus cyankalischer Lösung gleichmäßig stark versilbert wird. Das Gefäß wird oben mit einem Gummistopfen verschlossen, in den die Zuleitungen eingelassen sind. Durch diese wird mit einer Luftpumpe die zu untersuchende Luft in das Innere des Elektrodengefäßes gepumpt. Das Volumen der Elektroden wurde durch Auswägen genau bestimmt.

Abb. 9



Elektrodengefäß zum
Kohlensäure-Gerät

Abb. 10



Kofferapparat zur Kohlen-
säurebestimmung

Zur Feststellung des Endpunktes der elektrolytischen Titration dient eine Vergleichslösung, die mit Phenolphthalein auf einen schwach rosa Farbton eingestellt wurde. Für die Analyse wird das Elektrodengefäß mit 10 ccm einer $n/10$ NaCl-Lösung sowie einigen Körnchen Phenolphthalein beschickt. Dann wird die Elektrolyse mit einer Stromstärke von 1,5 mAmp. so lange in Gang gesetzt, bis die Lösung einen schwach rosa Farbton annimmt. Zwischendurch wird immer wieder 30 sec. geschüttelt, bis die Kohlensäure aus der Luft im Elektrodengefäß entfernt ist. Die blanke Platin-Elektrode ist dabei Kathode. Es entsteht nun kathodisch NaOH, während an der Anode (Silber) das Cl als AgCl gebunden wird.

Jetzt bringt man mit der Luftpumpe, die mit einem Rückschlagventil versehen ist und pro Hub etwa 80 bis 90 ccm leistet, die zu untersuchende Luft mit mehreren Hügen in das Elektrodengefäß und titriert unter häufigem Umschütteln so lange, bis der gleiche Farbton erreicht ist.

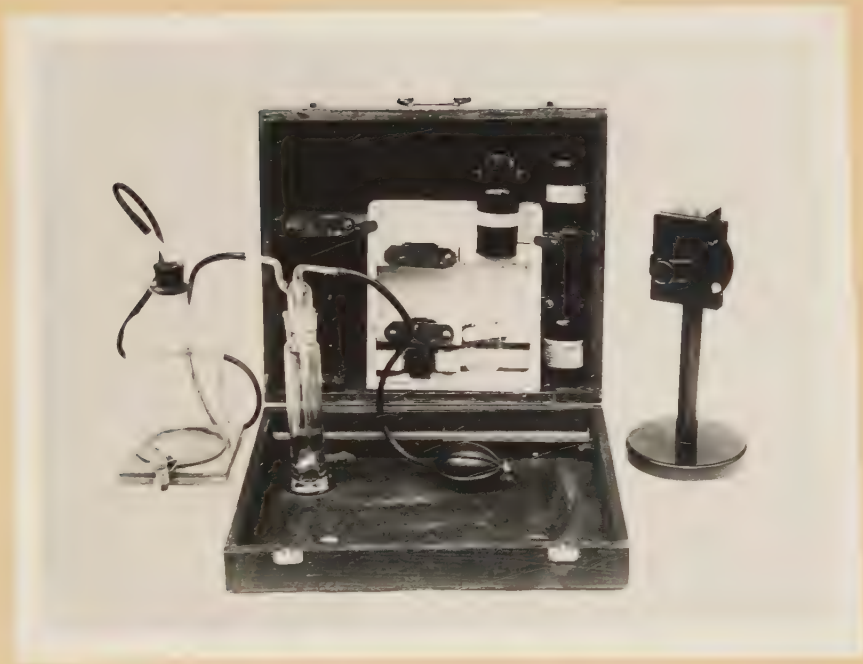
Aus dem elektrochemischen Äquivalentgewicht für Kohlensäure, der verbrauchten Elektrizitätsmenge $i \times t$ und dem Volumen des Elektrodengefäßes läßt sich die Menge der abgebundenen Kohlensäure auf cm^3/L oder mg/L Luft berechnen. Die Faktoren hierzu wurden für jedes Elektrodengefäß im voraus berechnet, so daß nach der Messung nur noch ($i \times t$) mit dem für das verwendete Elektrodengefäß berechneten Faktor zu multiplizieren war. Die Genauigkeit dieses Meßverfahrens beträgt 2 % vom Endwert.

F) Beschreibung des Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak

Zur Bestimmung des Ammoniakgehaltes der Stallluft wurde eine bestimmte Menge Luft (4 Liter) durch eine den Luftstrom sehr fein verteilende Fritte, durch 100 ccm ammoniakfreies Wasser geleitet, so daß das Ammoniak der Luft vollständig absorbiert wurde. Die Lösung wurde dann mit 2 ccm Seignettesalzlösung und 2 ccm Nessler-Reagens versetzt, gut umgeschüttelt und verschlossen. Nachdem man

die Lösung 5 Minuten stehen gelassen hatte, wurde der entstandene gelbbraune Ton der Lösung mit den Farbfeldern in einem Hellige Neo-Komparator verglichen und mittels vorher berechneter Faktoren der Gehalt an Ammoniak auf Vol. ‰ berechnet.

Abb. 11

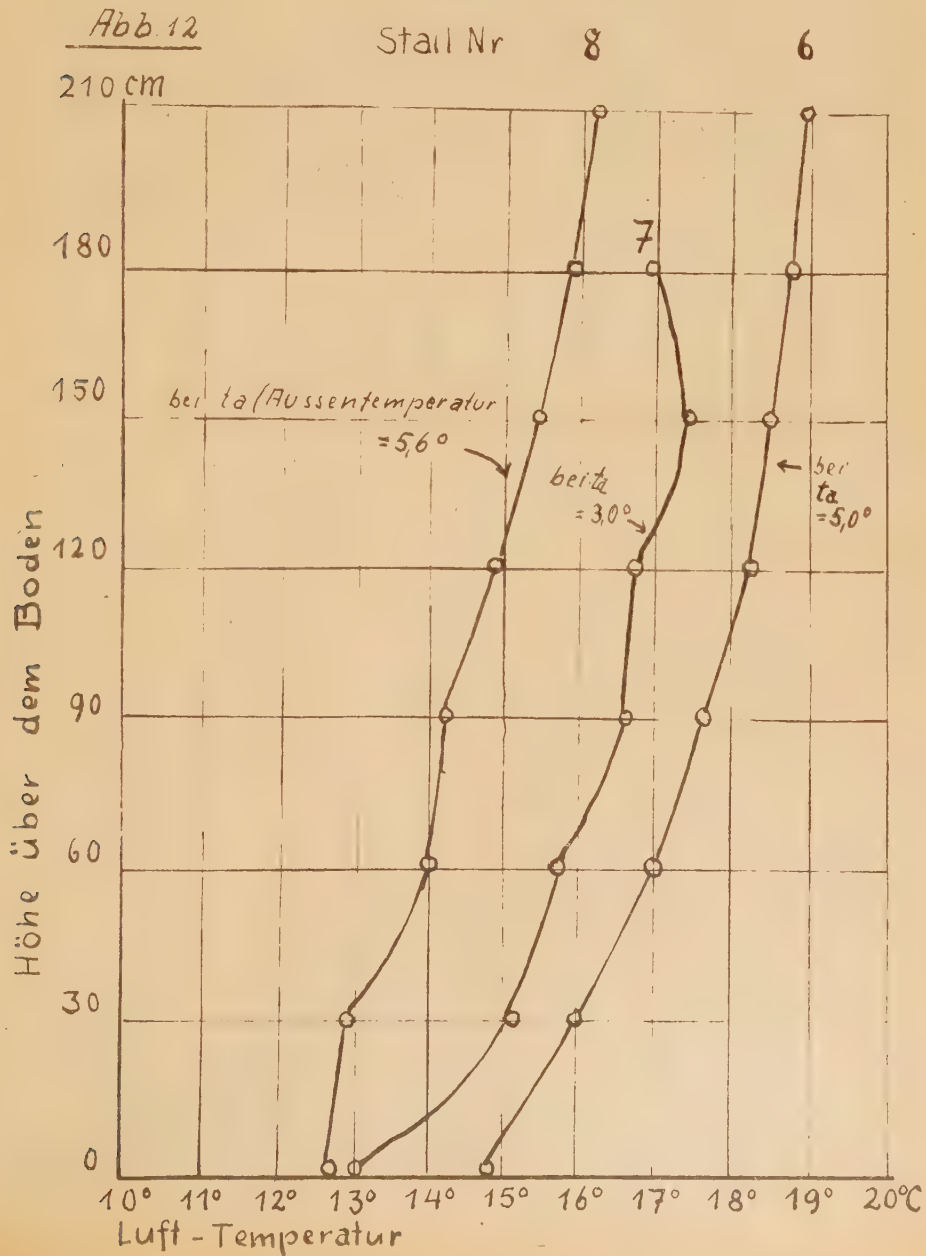


Koffergerät zur Bestimmung des Ammoniak-
gehaltes in der Stalluft.

1) Die Untersuchungsergebnisse bei den 8 Ställen mit freier Lüftung.

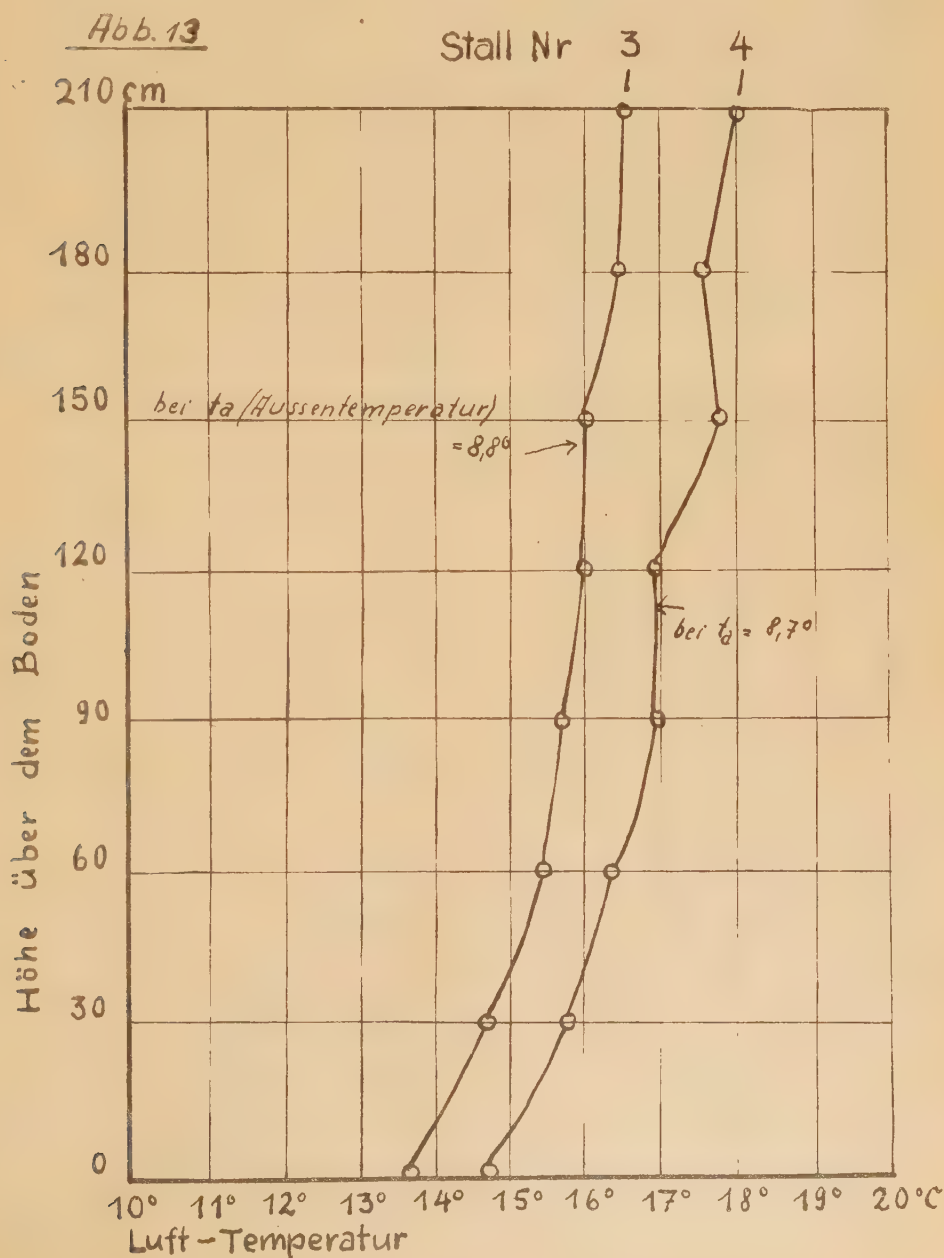
A) Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen.

Bei allen 8 Ställen wurde die vertikale Verteilung der Stalltemperatur festgestellt. Die Messungen wurden jeweils in Mitte Mistgang vorgenommen. Da die Messungen bei verschiedenen Außentemperaturen durchgeführt wurden, lassen sich nicht alle 8 Stallungen miteinander vergleichen.

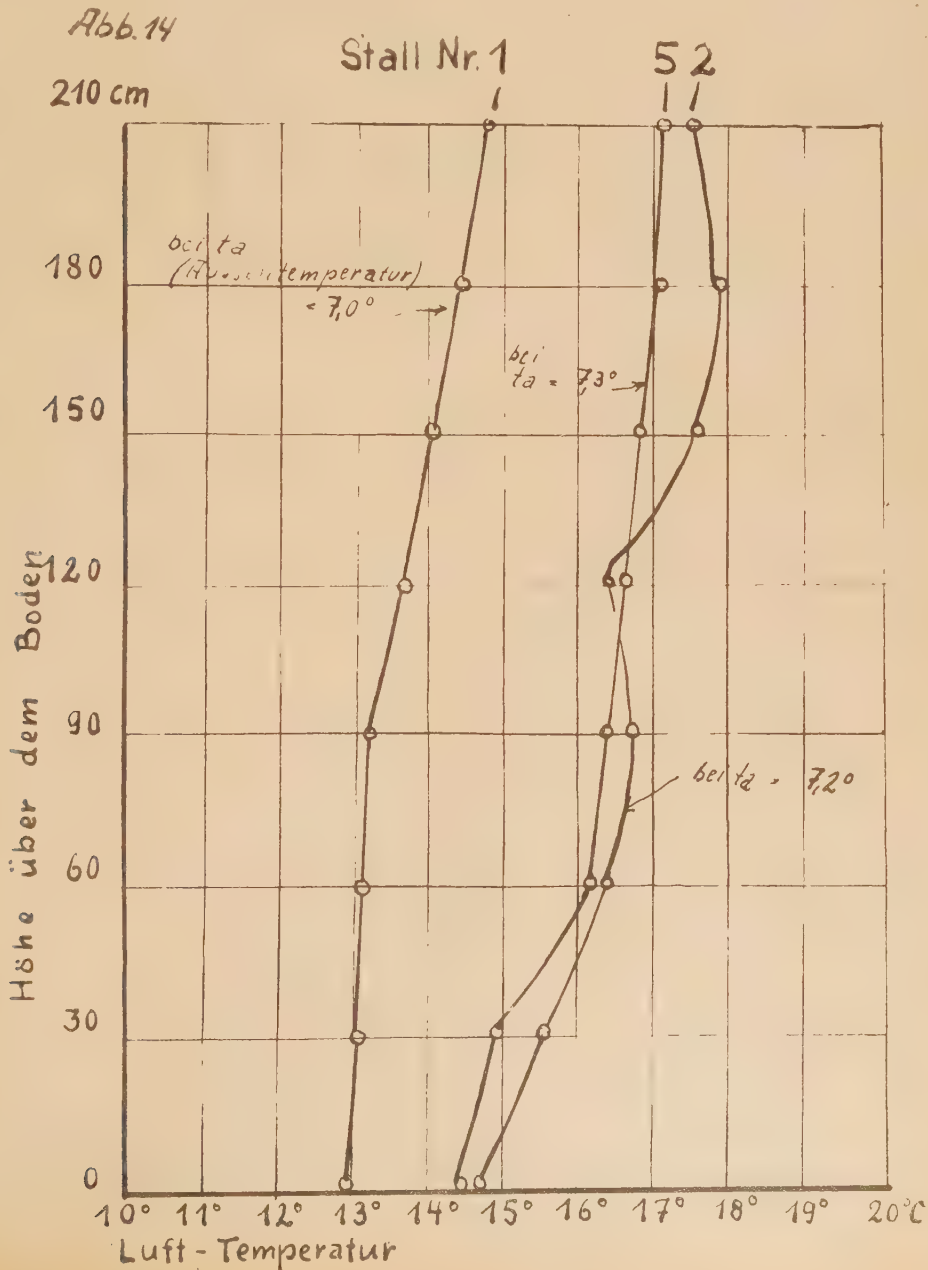


Die in den 3 Abbildungen jeweils zusammengestellten 2 bzw. 3 Stallungen wurden wenigstens bei ähnlichen Außentemperaturen den Temperaturmessungen unterzogen.

Die in Abb. 12 zusammengefaßten Ställe zeigen einen ziemlich gleichmäßig kräftigen Temperaturzuwachs von $3,6^{\circ}$ bis $4,2^{\circ}\text{C}$. Ein ähnliches Bild gibt die Abb. 13 mit einem Temperaturzuwachs von $2,8^{\circ}$ bis $3,2^{\circ}\text{C}$. Die dritte Gruppe Abb. 14 hat den kleinsten Temperaturzuwachs und zwar von $1,9^{\circ}$ bis $2,8^{\circ}\text{C}$.



Diese geringen Temperaturunterschiede lassen erkennen, daß die Lüftungsanlagen, die an sie gestellten Forderungen nicht erfüllen. Die Lufterneuerung vor allem der Ställe 1, 2,,3 und 5 ist mangelhaft. Im Stall 6 wird durch häufiges Öffnen der Türen und Fenster die fehlende Lüftungsanlage ersetzt. Diese Art der Lüftung bringt aber den Nachteil mit sich, daß die kalte Frischluft direkt mit den Tieren in Berührung kommt. Diese direkte Berührung bringt täglich eine mehrmalige ungesunde Abkühlung mit sich. Im Stall 7 kann die frische Luft von der Tenne aus durch ein Riemenschlitzloch eintreten und bis zu einem gewissen Grade zur Lufterneuerung beitragen.



Die in Tabelle 18 verzeichneten Tiefst- und Höchstwerte der Stalltemperatur zeigen, daß keine zu großen Temperaturdifferenzen bestehen. Die in untenstehender Tabelle aufgeführten Zahlen beweisen jedoch, daß selbst bei nicht allzutiefer Außentemperatur die Besitzer bemüht sind, den Stall so warm wie möglich zu halten, d.h., daß über die optimale Temperatur von $+10^{\circ}$ bis $+15^{\circ}$ C hinausgegangen wird. Die Ställe Nr. 1, 3 und 9 genügen der vorerwähnten Forderung. Die hohen Temperaturen in Stall 5 sind auf eine fehlende Lüftung, im Stall 6 auf ein bewußtes Schließen von Fenstern und Türen kurz vor und nach der Geburt eines Kalbes, im Stall 7 auf starke Belegung ($15,7 \text{ cbm/GVE}$) zurückzuführen.

Tabelle 18

Tiefst- und Höchstwerte der Stalltemperatur

Stall- Nr.	Datum	Tiefst- wert Stall:	Außen- tempe- ratur:	Datum	Höchst- wert Stall:	Außen- tempe- ratur:
1	23.2.	9°	$+2,0^{\circ}$	19.3.	15°	$+9,5^{\circ}$
2	3.3.	13°	$+0,5^{\circ}$	9.4.	19°	$+12,2^{\circ}$
3	3.3.	10°	$\pm 0,0^{\circ}$	6.4.	15°	$+6,7^{\circ}$
4	1.3.	13°	$+0,5^{\circ}$	22.3.	19°	$+4,2^{\circ}$
5	21.2.	14°	$+2,5^{\circ}$	20.3.	21°	$+4,7^{\circ}$
6	24.3.	10°	$+4,0^{\circ}$	7.4.	20°	$+8,2^{\circ}$
7	23.2.	15°	$+3,2^{\circ}$	18.3.	20°	$+12,0^{\circ}$
8	1.3.	11°	$\pm 0,0^{\circ}$	18.3.	18°	$+12,0^{\circ}$
9	28.2.	7°	-	24.3.	16°	-

Der Tiefstwert von $+7^{\circ}$ C im Stall 9 ist daraus zu erklären, daß der Stall unterbelegt war (62 cbm/GVE), was erst durch allmählichen Zukauf etwas gemildert wurde. Während der Untersuchungen der Wärmetauscheranlage sind durch elektrische Beheizung und künstliche Befeuchtung die Verhältnisse nachgeahmt worden, die bei einer normalen Belegungsstärke vorhanden gewesen wären. Es wurde dann eine Temperatur von $+10^{\circ}$ bis $+12^{\circ}$ C im Stall erreicht.

Dieselben Ursachen sind auch für die in Tabelle 19 angeführten Tiefst- und Höchstwerte der relativen und absoluten Stallfeuchtigkeit bestimmend.

Tabelle 19

Tiefst- und Höchstwerte der rel. und abs. Stallfeuchtigkeit

Stall Nr.	Datum	Tempe- ratur $^{\circ}$ C	relat. Feuch- te	absol. Feuchtigkeit		absol. Feuchtig- keit außen
				Höchst- wert	Tiefst- wert	
1	22.4.	13°	94%	8,8g/kg	5,6g/kg	4,5g/kg
	1.3.	19°	78%			4,3g/kg
3	18.3.	15°	98%	10,5g/kg	6,9g/kg	7,5g/kg
	23.3.	10°	90%			7,2g/kg
2	17.3.	19°	82%	11,4g/kg	7,0g/kg	7,5g/kg
	19.3.	15°	65%			6,3g/kg
8	18.3.	18°	97%	12,6g/kg	6,4g/kg	7,7g/kg
	28.3.	12°	73%			3,0g/kg
7	18.3.	20°	90%	13,2g/kg	6,9g/kg	7,7g/kg
	21.3.	15°	64%			3,1g/kg
4	22.3.	19°	99%	13,7g/kg	8,4g/kg	2,8g/kg
	6.3.	12°	96%			2,0g/kg
6	7.4.	20°	100%	14,8g/kg	5,2g/kg	4,8g/kg
	24.3.	10°	68%			3,0g/kg
5	18.3.	21°	95%	14,9g/kg	9,5g/kg	5,7g/kg
	21.2.	14°	95%			-
9	6.4.	15°	85%	9,1g/kg	5,4g/kg	5,6g/kg
	1.3.	7°	84%			1,6g/kg

Der Wärme- und Wasserdampfhaushalt der einzelnen Ställe ist in nachfolgenden Tabellen festgehalten. Es wurde der Zuwachs der Temperatur sowie der absoluten Feuchtigkeit aufgezeichnet, um an Hand dieser Kurven ein Bild jedes einzelnen Stalles zu erhalten, bzw. um den Wärme- und Wasserdampfhaushalt der Ställe innerhalb der einzelnen Ortschaften unter sich vergleichen zu können.

Allen Ställen gemeinsam ist der starke Temperaturzuwachs während der Nachtzeit. Besonders auffällig ist dies in Stall 6. In diesem Stall sind die täglichen Schwankungen des Temperaturzuwachses am meisten ausgeprägt. Die Ställe Nr. 5, 6, 7 und 8 liegen in derselben Ortschaft. Der durchschnittliche Zuwachs ist in den Ställen Nr. 5 bis 7 am größten. Diese Feststellungen haben ihre Ursache bei Stall Nr. 6 im häufigen Öffnen der Türen tagsüber, bei Stall Nr. 5 im ängstlichen Bestreben, einen möglichst warmen Stall zu haben, bei Stall Nr 7 in der starken Belegung und infolgedessen reichlicheren Wärmeproduktion. Stall Nr. 8 hat den geringsten Temperaturzuwachs, obwohl die dortige Lüftungsanlage, ein Holzschacht, zwar ^{als} Abluftschacht funktioniert, aber zu wenig fördert. Es fehlt die Frischluftzufuhr.

Die Zunahme der absoluten Feuchtigkeit wird in vermehrtem Maße durch die für die Zunahme der Temperatur geschilderten Gründe veranschaulicht. So tritt im Stall Nr. 5 noch eindeutiger das Fehlen einer Lüftung und das Bestreben, den Stall sehr warm zu halten, hervor; an der Decke über dem Futtergang bildete sich Schwitzwasser; das Vlies der im Stall untergebrachten Schafe war dauernd feucht, bzw. naß. Im Stall 6 sind parallel zu der Temperaturzunahme große Schwankungen der absoluten Feuchtigkeit innerhalb des Ablaufs eines Tages zu beobachten. Das häufige Öffnen der Türen bzw. Offenstehenlassen des oberen Teils der zweiteiligen Tür, die nach Westen geht, bringt es mit sich, daß an den Tagen, an denen eine Außentemperatur von etwa + 15° C herrschte, also am 17., 18. und 24. März, sowie zwischen dem 2., 3. und 4. April (Außen-

temperatur um $+ 10^{\circ}$ bis $+ 12^{\circ}$ C) die Temperaturzunahme, sowie die Zunahme der absoluten Feuchtigkeit minimal ist. Am 7., 8., 9. und 10 April wurde der Stall geschlossen gehalten, da eine Kuh gekalbt hatte. Die Futtergangswände waren feucht, ebenso die Holzdecke über dem Futtergang und die Futtergangstüren. Obwohl im Stall Nr. 8 die relative Feuchtigkeit um die Sättigungsgrenze liegt und im Stall Nr. 7 die relative Feuchtigkeit um 80 % sich bewegt, ist der Zuwachs der absoluten Feuchtigkeit im Stall Nr. 7 höher als im Stall Nr. 8. Die Durchschnittstemperatur im Stall Nr. 7 beträgt $+ 13,1^{\circ}$ C und im Stall Nr. 8 $+ 17,5^{\circ}$ C. Das Verhältnis der Lufträume beträgt 24,0 cbm/GVE zu 15,7 cbm/GVE.

Stall Nr. 2 zeigt gegenüber Stall Nr. 1 eine größere Zunahme der Temperatur sowie der absoluten Feuchtigkeit. Stall Nr. 1 besitzt keine Lüftungsanlage, jedoch ist das Heuloch regelmäßig geöffnet und wurde nur bei sehr niedrigen Außentemperaturen geschlossen. Der Stall Nr. 1 hatte bis zum 12. März 39 cbm/GVE und von diesem Zeitpunkt an 34,6 cbm/GVE. Diese schwache Belegung ist mit ein Grund, weshalb die Zunahme der absoluten Feuchtigkeit bis zum 12. März nur etwas mehr als die Hälfte des Stalles Nr. 2 beträgt (Stall Nr. 2 20,6 cbm/GVE).

Die in dem Luftraum ziemlich gleichen Stallungen Nr. 3 (30,7 cbm/GVE) und Nr. 4 (30,0 cbm/GVE) zeigen erhebliche Unterschiede in der Zunahme der Temperatur sowie der absoluten Feuchtigkeit. Leider fehlen die Meßergebnisse einiger Tage im Stall Nr. 3, so daß gerade die starke Zunahme der Temperatur sowie der absoluten Feuchtigkeit in der Zeit vom 19. bis 22. März mit Stall Nr. 3 nicht verglichen werden kann. Die Durchschnittstemperatur im Stall Nr. 3 betrug $+ 12,3^{\circ}$ C und im Stall Nr. 4 $+ 15,6^{\circ}$ C. Im Stall Nr. 3 war Schweißwasser nur im Futtergang an der Decke festzustellen, während im Stall Nr. 4 mit Ausnahme der Tennenwand und der Decke über dem Standplatz der Tiere alle Wände, Decken und Türen Schweißwasser aufzeigten.

B) Beleuchtungsstärke

Die Messung der Beleuchtungsstärke erfolgte mit einem Taschen-Beleuchtungsmesser " B o l u x " . Die Luxwerte im Stall wurden an bestimmten Stellen bei waagrechtter Haltung des Beleuchtungsmessers 1,10 m über dem Boden festgestellt. Für die Messungen im Freien wurde ein aufsetzbarer Filter verwendet, welcher den Meßbereich um das 10-fache vergrößerte.

Bei den untersuchten Stallungen ist das Verhältnis Fenster- zu Bodenfläche sowie Glas- zu Bodenfläche ermittelt worden; die festgestellten Werte sind in nachfolgender Tabelle einander gegenübergestellt. Die in den einzelnen Ställen gemessenen Beleuchtungsstärken (Lux) sind ebenfalls in die Tabelle eingefügt.

Die in Lux gemessenen Beleuchtungsstärken geben kein eindeutiges Bild über die Helligkeit in den untersuchten Stallungen. Die kleine Zahl der Messungen sind jedoch ein Hinweis, daß Luxmessungen verschiedener Ställe möglichst zu gleicher Tageszeit, auf jeden Fall bei gleicher Außenbeleuchtungsstärke vorzunehmen sind.

Das Verhältnis Fenster - bzw. Glas - zu Bodenfläche zeigt in der Gegenüberstellung der starken Unterschiede beider Zahlenwerte, daß nur das Verhältnis der Glasfläche zu Bodenfläche zu einem positiven Ergebnis führen kann.

Nur die Stallungen Nr. 1, 2 und 4 entsprechen mit ihrem Verhältnis Glas- zu Bodenfläche gerade noch den geforderten Maßen. Stall Nr. 8 hat zwar das günstige Verhältnis von 1/19 bei der Forderung Mauerluke zu Bodenfläche, jedoch geht ein zu großer Teil der Fläche durch zu breite Holzverkleidung der Fenster bzw. durch die Hodeinfahrt verloren. Die übrigen Ställe, vor allem der Stall Nr. 5 und 7, müssen sehr oft auch tagsüber bei mäßiger Außenhelle elektrisch beleuchtet werden, um bei einigermaßen ausreichendem Licht die Stallarbeiten verrichten zu können.

Tabelle 20

Beleuchtungsstärke und Verhältnis: Glas- bzw. Fensterfläche
zu Bodenfläche

Stall Nr.	Datum	Zeit	Beleuchtungsstärke in Lux		Glas zu Bo- den- fl.	Fen- ster zu Bo- den- fl.	Subjekt- ives Urteil	
			Stall innen	Futter- gang außen				
1	4.4.	10.00	20	200-600	7000-8000	1/35	1/22	sollte
	10.4.	10.20	15-60	60-70	5000-1300			heller sein
2	22.2.	10.00	25	25	5200	1/30	1/21	ausrei-
	4.4.	12.00	10-30	5-30	3000-500			chend
	10.4.	12.00	30-50	30-50	10 000			hell
3	4.4.	16.20	10-30	5-40	3000-5000	1/38	1/22	sollte
	10.4.	15.00	20	20	10 000			heller sein
4	4.4.	16.20	10-100	20-100	3000-5000	1/25	1/20	ausrei-
	10.4.	17.30	20	20	5 500			chend hell
5	21.2.	10.00	10	15	4 100	1/55	1/36	viel zu
	5.4.	10.00	5-20	5-25	5 000			dunkel
	11.4.	10.45	25	25	10 000			
6	21.2.	9.30	10	15	2 900	1/38	1/20	sollte
	5.4.	13.00	5-20	0-12	10000-27000			heller sein
	11.4.	12.00	20	10	8 000			
7	21.2.	8.45	10	10	4 100	1/95	1/79	viel zu
	5.4.	11.00	5-20	0-10	10000-28000			dunkel
8	20.2.	10.00	35	35	7 000	1/39	1/19	sollte
	11.4.	9.30	30	35	14 000			heller sein

C) Lüftungseinrichtungen

Die verschiedenen in den Ställen angetroffenen Ventilations-systeme hatten während der Beobachtungszeit weder auf die Temperatur, den Wasserdampfgehalt, noch auf den Kohlensäuregehalt einen großen Einfluß. Die vorgefundenen Lüftungsanlagen in den Ställen Nr. 2, 3, 4, 7 und 8 sind lediglich als Abluftschächte zu bewerten, wie Rauchversuche, bzw. die Bewegungsrichtung feinsten Spinnfäden, bei Luftzug anzeigten. Infolge der vorgeschrittenen Jahreszeit war es nicht möglich, ein endgültiges Urteil über den Wirkungsgrad der vorhandenen Lüftungsanlagen zu gewinnen, da die Abluft in den meisten Fällen vorwiegend durch den während der wärmeren Monate offenen Heuabwurf abzog.

D) Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft

Die im April 1951 ausgeführten Untersuchungen erstreckten sich auf 8 Ställe. In jedem Stall wurden an zwei verschiedenen Tagen Untersuchungen angestellt. Die Luftproben für die Kohlensäuremessung wurden alle im Stallgang, 1,5 m über der Kotplatte, entnommen. Um einen guten Überblick über die Sauberkeit der Stallführung zu bekommen, wurden weitere Proben für die Ammoniakprüfung etwa 40 cm über der Jaucherinne entnommen. Die Tageszeit sowie die Stall- und Außentemperaturen wurden festgelegt. Ebenfalls wurden die hier mitspielenden Untersuchungsbedingungen, wie Vorhandensein künstlicher Ventilation, offengehaltenes Heuloch sowie offene Fenster und Türen im Protokoll festgehalten.

Die in nachfolgender Tabelle zusammengefaßten Untersuchungsergebnisse zeigen, daß der Kohlensäuregehalt in zwei Ställen über 4 Vol. %, einmal über 3 Vol. % hinausging, dreimal zwischen 2,5 bis 3 Vol. %, dreimal zwischen 2 bis 2,5 Vol. % und achtmal unter 2 Vol. % lag. Der Durchschnitt betrug 2,30 Vol. %.

Tabelle 21

Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft

Stall-Nr.	Datum	Tageszeit	Temperatur Stall °C	Aussen °C	CO ₂ Vol.‰	NH ₃ Vol.‰	Untersuchungsbedingungen wie künstl. Ventilation, offenes Heuloch usw.
1	4.4.	10.20	13,0	7,5	2,33	-	Keine Ventilation Heuloch halb off. Heuloch Spalt "
	10.4.	8.45	13,8	7,0	2,53	0,014	
2	4.4.	11.00	16,5	7,5	1,61	-	Deckenschlitze, 1 Fensterober- teil u. Heuloch halb offen 1 Fensterobert. u. Heuloch offen
	10.4.	11.00	16,6	7,2	1,71	0,011	
3	4.4.	14.45	15,0	13,8	2,93	0,006	über dem Stall- boden entnommen. Gegenüberliegend 4 Abzugsröhren unter der Decke entnommen Abzugsröhren off.
		14.50	15,00	13,8	3,56	-	
	10.4.	14.00	16,0	8,8	1,95	0,011	
4	4.4.	16.00	16,5	13,8	1,61	0,018	Heuloch halb off. 3 Tonröhren in d Decke in Futtergangs- mitte entnommen Heuloch geschlos.
		16.05	16,5	13,8	1,21		
	10.4.	16.15	16,9	8,7	3,23	0,007	
5	5.4.	9.00	18,0	10,2	4,23	-	Keine Ventilation Heuloch offen, Schiebetüre zur Tenne Spalt offen
	11.4.	10.00	16,8	7,3	2,26	0,025	
6	5.4.	15.00	18,0	11,5	4,14	0,023	Keine Ventilation Stall wurde 2 St. zuvor geschlossen Oberteil der Tür z. Hof offen
	11.4.	11.15	18,2	5,0	2,31	0,027	
7	5.4.	10.55	17,5	10,2	1,23	-	Fensterscheibe in Futtergangs- außentür fehlt Deckenschlitze offen
	11.4.	12.30	16,8	3,0	2,81	0,006	
8	5.4.	18.30	13,5	12,0	1,03	-	Entlüftungsscheide offen, 2 Tiere fe- len. Heuloch offen, Tür 1/2 St. vor Entnahme offen
	11.4.	8.30	14,8	5,6	0,77	0,013	

Bei den beiden Ställen mit über 4 Vol. % Kohlensäuregehalt handelt es sich einmal um einen Stall ohne jegliche Ventilation, zum anderen um einen, dessen sämtliche Öffnungen absichtlich geschlossen wurden; bei letzterem wurden die Tiere schließlich unruhig und beruhigten sich erst wieder, als frische Luft einströmte. Der Ammoniakgehalt der Luft war in den untersuchten Ställen im Vergleich zu den Befunden der meisten Autoren auffallend niedrig, deckt sich aber mit den Ergebnissen von Traub und Stietenroth. Der Durchschnitt betrug 0,014 Vol. % und schwankte zwischen 0,006 und 0,027 Vol. %.

E) Gesundheit und Pflege der Tiere.

Der gesundheitliche Zustand der Tiere in den untersuchten Ställen war im allgemeinen gut. Die Bestände waren mit Ausnahme von Nr. 2 und Nr. 4 anerkannt tuberkulosefrei. Alle Tiere stammten mit Ausnahme der Ställe 6 und 9 aus eigener Nachzucht. Stall Nr. 9 wurde im Verlaufe der Untersuchungen weiter mit tuberkulosefreiem Vieh aufgefüllt. Im Bestand Nr. 5 wurde einige Wochen nach den stallklimatischen Untersuchungen ein Ochse von knapp 1½ Jahren wegen Rachitis geschlachtet.

Die Pflege der Tiere war als gut zu bezeichnen. Typische Stallklauen waren nur im Stall Nr. 3 bei 2 Kühen zu beobachten. Pflege und Sauberkeit der Tiere im Bestand Nr. 2 waren vorbildlich.

Über die Frage, welche Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen untersuchten Faktoren und dem Gesundheitszustand sowie der Leistung der Tiere bestehen, erlaubt mein Material wegen zu geringen Umfanges kein endgültiges Urteil, aber der gezeigte Weg wird, wenn die beschriebenen Untersuchungsmethoden in zahlreichen Fällen bei niederen Außentemperaturen angewandt werden, zur Klärung der Verhältnisse führen.

3) Spezielle Untersuchungen im Stall mit Wärmetauscher (Stall Winterhalder in Titisee)

Da bei jeder Art der Lüftung eine bestimmte Mindesttemperatur von ca. $+ 8^{\circ}$ bis $+ 10^{\circ}$ im Stall gehalten werden soll (S. Seite 10), können Lüftungsanlagen üblicher Art, sogen. freie Lüftungen, nur bis zu einer gewissen Außentemperatur, und zwar bei durchschnittlichen Verhältnissen bis etwa 0° , voll in Betrieb gesetzt werden. Bei stärkerem Frost muß dann so stark gedrosselt werden, daß die verbrauchte Luft nicht mehr restlos abgeführt werden kann. Demgegenüber bietet die Verwendung von sogen. Wärmetauschern, welche die zugeführte Luft vorwärmen und dadurch die Luftversorgung im Stall bis zu Außentemperaturen von $- 8^{\circ}$ oder $- 10^{\circ}$ gewährleisten, beachtliche Vorteile. Für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere ist es wichtig, wenn die einströmende kalte Frischluft im Winter erst nach einer gewissen Anwärmung mit den Tieren in Berührung kommt.

Der Wärmetauscher stellt eine mechanische Lüftungseinrichtung dar; er ist mit je einem Ventilator zur Bewegung der Zuluft und zur Bewegung der Abluft versehen. Das Prinzip des Wärmetauschers beruht darin, daß die Frischluft mit der warmen und feuchten Abluft in enge Berührung gebracht wird, ohne daß jedoch eine Vermischung stattfinden kann. Bei diesem Vorgang kondensiert die abgehende Warmluft, wobei sehr viel gebundene Wärme frei wird. Diese erwärmt dann die eintretende Frischluft.⁺ Zu diesem Zweck sind in dem Jöler-Selbstheizlüfter Kanalbündel von 1,5 mm dickem Reinaluminiumblech, die von Zu- und Abluft im Gegenstrom durchflossen werden, eingebaut. Die Anordnung der Zuluftkanäle ist aus Abb. 16 S. 60 ersichtlich. In einem unter der Decke verlaufenden Kanal, der sich über der Futterkrippe verästelt, wird die Frischluft möglichst gleichmäßig verteilt und tritt ohne große Geschwindigkeit, die als Zugluft empfunden werden könnte, in den Stallraum.

⁺ (Äquivalente Temperatur s.S. 14)

Die Abluft wird ohne Abluftkanäle durch eine Öffnung im Jöler-Selbstheizlüfter unterhalb des Zuluftkanals in Nähe der Decke entnommen, durchströmt den Wärmetauscher und wird ins Freie abgeführt. Die Austrittsöffnung liegt direkt unterhalb der Frischluftzufuhröffnung, was wegen der Gefahr der Wiederausaugung der ausgetretenen Abluft in den Zuluftkanal in Zukunft konstruktiv geändert werden sollte.

Anfang des Jahres 1951 war die mechanische Lüftung nach dem Prinzip der Wärmetauscher in Deutschland erst in zwei Ställen eingebaut. Hiervon stellte nur die im Seehof in Titisee eingebaute Anlage der Firma J ö l e r , Hauptwil (Schweiz), einen Typ dar, der als Muster für durchschnittliche Landwirtschaftsbetriebe angesprochen werden kann.

Leider war dieser Stall zur Zeit der Untersuchungen wegen der im Gang befindlichen Tb-Sanierung nur teilweise belegt. Die Wärme und Wasserdampfproduktion der fehlenden Großvieheinheiten wurde deshalb, um für die geplanten Messungen einigermaßen übliche und vergleichbare Bedingungen zu erhalten, durch Aggregate, die vom Institut für technische Physik in Stuttgart zu diesem Zweck aufgestellt worden sind, künstlich erzeugt. Es wurde dadurch erreicht, daß ein Luftvolumen von etwa 30 cbm/GVE geschaffen wurde, während o h n e künstliche Beheizung und Befeuchtung 62 cbm/GVE vorhanden gewesen wären.

A) Überblick über die Messungen im Stall Titisee

Die Messungen im Stall Titisee erstreckten sich über die Zeit vom 22. Februar 1951 bis 12. April 1951. Sie erfolgten an 19 verschiedenen Tagen. Vor Inbetriebnahme wurden die Innen- und Außenluftverhältnisse registriert. Wie aus Abb. 16 S. 60 zu ersehen ist, sind für diese Feststellungen 3 Meßstellen errichtet worden. Meßstelle 1 neben dem Zuluftkanal umfaßte einen Thermohygrographen mit 7-tägigem Umlauf und ein Thermometer mit $1/10^{\circ}$ -Einteilung zur Feststellung der Temperatur

und Feuchtigkeit im Stallraum. Meßstelle 1a im Kanal bestand aus einem Psychrometer, d.h. einem trockenen und einem feuchten Thermometer mit $1/5^{\circ}$ -Einteilung zur Feststellung von Feuchtigkeit und Temperatur der Zuluft im Kanal. Zur Feststellung der Temperatur und Feuchtigkeit der Außenluft wurde die Meßstelle 2 im Freien mit einem Polymeter (Thermometer und Haarhygrometer) versehen. An der Meßstelle 3 unterhalb des Kanals wurde für eine weitere Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung im Futtergang des Stalles ein Polymeter verwendet.

Gleichzeitig mit diesen Messungen sind die Betriebsverhältnisse sowie die Belegungsstärken festgestellt worden. Die tatsächliche und künstlich ergänzte "Belegungsstärke" schwankte, wie bereits erläutert wurde, zwischen 8 und 11 GVE.

An zwei Untersuchungstagen wurden quantitative Kohlen- säure und Ammoniakbestimmungen durchgeführt (s. Tab. 24). Die chemischen Luftuntersuchungen erfolgten jeweils vor und zwei Stunden nach Inbetriebnahme des Tauschers im Stallgang wie im Futtergang.

Zur Prüfung der Luftverteilung im Stall (Futtergang einerseits, Standplätze und Mistgang andererseits) wurde eine einfache Art der Keimgehaltsbestimmung ausprobiert.

Die Temperaturen in verschiedenen hohen Luftschichten des Stalles (vertikale Verteilung der Lufttemperatur) sind an 3 verschiedenen Stellen mit Thermoelementen gemessen worden. (M_1 , M_2 , M_3 , s. Abb. 16, S.60).

B) Beschreibung des Stalles in Titisee

Der untersuchte Stall mit dem eingebauten Jöler-Selbst- heitzlüfter (Abb. 15, S. 59) liegt entsprechend der Schwarzwälder Bauweise im südöstlichen Teil des Wohngebäudes der Pension Seehof in Titisee (860 m ü. M.). Die beiden Außenwände des Stalles haben eine Dicke von 38 cm und sind aus Vollziegeln gebaut. Die südöstliche Außenwand liegt einer Stützmauer aus Bruchsteinen für die Hocheinfahrt zur Tenne

gegenüber. Die südwestliche Riegelwand trennt den Stall von dem Brunnen. Die zweite Längswand, eine Vollziegelwand, trennt den zu untersuchenden Kuhstall von einem belegten Quarantänestall und einer Garage. Diese Wand hat eine Dicke von 25 cm. Die Unterseite der Stalldecke wird von Heraklitplatten gebildet. Zwischen diesen Heraklitplatten und dem Bretterboden der Oberseite befindet sich ein Hohlraum. Heraklitplatten und Bretterboden haben eine Stärke von je 2,5 cm. Über der Stalldecke wird Heu gelagert.

Das Charakteristikum des Stalles bildet der Futtergang von 4,14 m Breite. Dieser Futtergang ist beinahe so breit wie der Standplatz, einschl. Mistgang, Kotplatte und Jaucherinne mit insgesamt 4,25 m.

Der Stall hat eine Grundfläche von 135 qm und eine lichte Höhe von 2,40 m. Der Stallraum ist also 325 cbm groß. Da 12 cbm Häcksel im Futtergang dauernd gelagert werden, beträgt der den Tieren zur Verfügung stehende Luftraum $325 - 12 = 313$ cbm. Das Verhältnis Luftraum pro GVE war vom 22. Februar bis 28. Februar 1951 39,1 cbm/GVE, vom 1. März bis 21. März 1951 34,7 cbm/GVE, vom 22. März bis 5. April 1951 31,3 cbm/GVE und ab 6. April 1951 28,4 cbm/GVE.

Die Anordnung der Fenster in der Wand, durch die die Hocheinfahrt zur darüberliegenden Tenne führt (1,10/1,00 m), in der Außenwand und in der Wand zum Brunnenraum (0,65/1,00 m bzw. 0,60/1,00 m) geht aus Abb. 16, S. 60 hervor. Der untere Fenster teil ist bei allen Fenstern unbeweglich, der obere läßt sich um die untere waagerechte Achse nach innen kippen. Die Glasscheiben sind z.T. in defekte Holzrahmen gefaßt. Die Außentüren haben doppelte Brettstärke. Die zur Hocheinfahrt führende Außentür ist dauernd geschlossen und innen mit Stroh dick ausgeschlagen.

Die Belegungsstärke im Stall schwankte während der Beobachtungszeit sehr beträchtlich. Mehrmals wurden Tiere zugekauft, so daß sich die Belegungsstärke in gewissen Zeitabständen erhöhte. vom 22. bis 28. Februar 1951 waren zwei Kühe, zwei Jungrinder

und ein Kalb = 3 GVE untergebracht. Die schon erwähnte zusätzliche künstliche Heizung und Befeuchtung entsprachen der Wärmeproduktion und der Wasserdampfabgabe von 5 GVE. Am 1. März 1951 wurde eine weitere Kuh eingestellt, die in ihrem Gewicht einer GVE entsprach, so daß vom 1. März bis 21. März 1951 9 GVE vorhanden waren. Durch die Einstellung eines Jungfarrens am 21. März 1951 erhöhte sich das Gesamttiergewicht um weitere 500 kg und damit auf 10 GVE. Am 6. April 1951 wurden durch die Einstellung eines Ochsen die Großvieheinheiten schließlich auf 11 erhöht.

Abb. 15

Jöler-Selbstheizlüfter

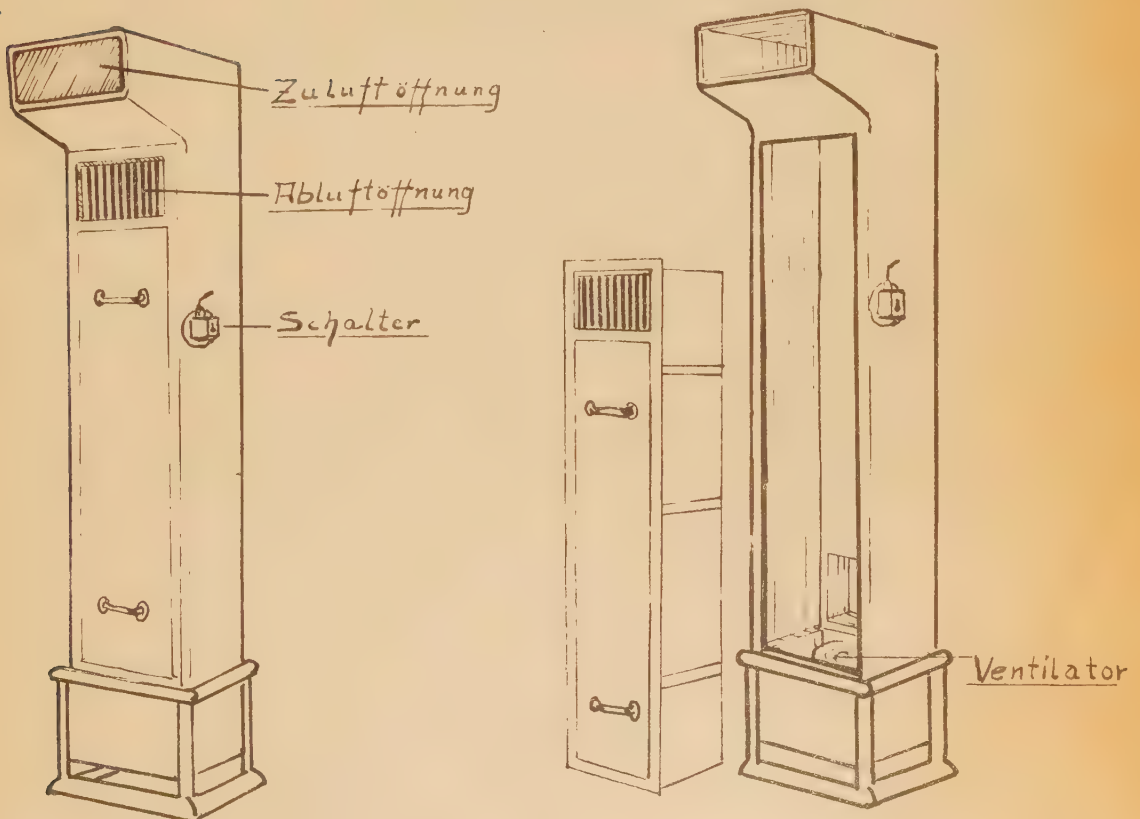
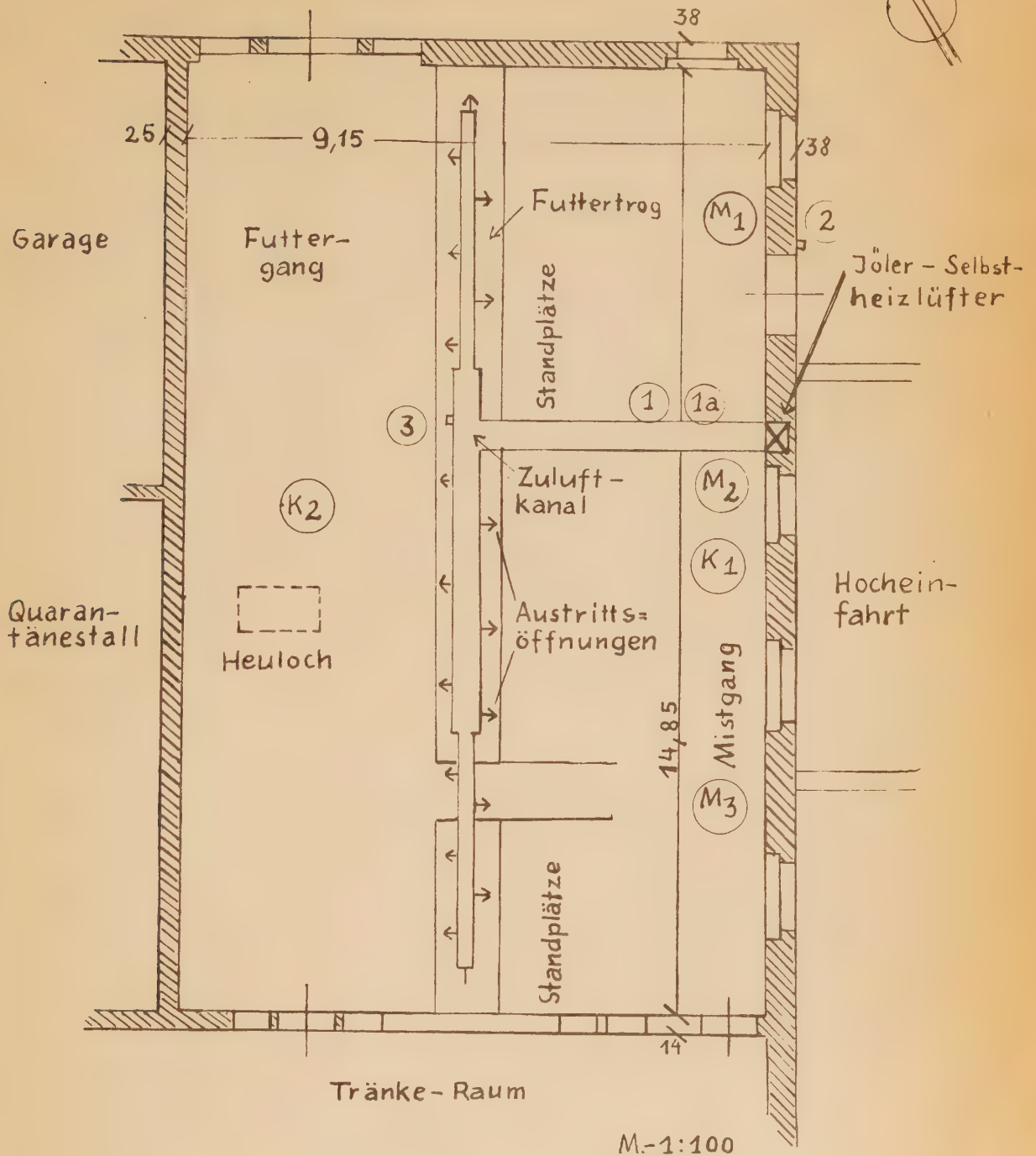


Abb. 16

Grundriss des Stalles Titisee

Nord



Meß - Stellen

($M_1 - M_3$) Meßstellen für vertikale Temperaturverteilung.

(1) Thermohygrograph und Thermometer mit 1/10 Gradeinstellung.

(1a) Psychrometer im Kanal zur Temperatur- u. Feuchtigkeitsmessung.

(2) Polymeter zur Messung der Außentemperatur und Feuchtigkeit.

(3) Polymeter im Futtergang.

(K_1 und K_2) Aufstellungsort der Drigalski-Platten zur Keimgehaltsbestimmung.

C) Die regelmäßig durchgeführte Messungsmethode

Erwünscht waren Messungen bei möglichst niedriger Außen-temperatur. Infolge des jahreszeitlich bedingten, allmählichen Temperaturanstiegs sowie des verhältnismäßig milden Winters konnten nur Messungen bei einer Außentemperatur von $- 7^{\circ} \text{C}$ und wärmer vorgenommen werden.

Die Messungen sind auf Anraten des Instituts für Technische Physik in Stuttgart folgendermaßen vorgenommen worden:

Vor Inbetriebnahme des Jöler-Lüfters wurden die Temperaturen sowie die relative Feuchtigkeit der Stall- und Außenluft entsprechend den Ablesungen der Instrumente, die an den Meßstellen 1, 2 und 3 angebracht waren, notiert. Um die normale Beleuchtungsstärke von ungefähr 8 - 11 GVE darzustellen, sind nach der Eintragung der Innen- und Außenluftverhältnisse zwei elektrische Heizöfen, die 2000 Watt abgaben, und ein gefüllter Wasserverdampfer der 1,5 l Wasser in der Stunde verdunsten ließ, in Betrieb gesetzt worden. Zwei Stunden danach wurde die Lüftungsanlage eingeschaltet. Dann sind Ablesungen wie vordem wiederholt worden. Gleichzeitig wurde die Temperatur der Zuluft sowie der Abluft an der Ein- bzw. Ausmündung im Freien gemessen. Im Kanal wurde kurz hinter dem Wärmetauscher die relative Feuchtigkeit und die Temperatur an der Meßstelle 1a bestimmt. Weiterhin ist die Temperatur der Zuluft im Kanal an den Austrittsöffnungen festgestellt worden. Die Messungen wurden nur in den zum Futtergang zeigenden Ausmündungen des Zuluft-Kanals in den Stall durchgeführt, um die Tiere nicht dauernd zu stören. Die Messungen nach Inbetriebnahme des Lüfters wurden jeweils nach einer Stunde wiederholt (s. nachfolgende Tabellen für die Messungen vor und nach Inbetriebnahme). Die durch den Wärmetauscher geförderte Kondensatmenge wurde aufgefangen und stündlich gemessen.

D) Die Vorgänge im Wärmetauscher

Bei Verwendung des Jöler-Lüfters wird ein Teil der in der warmen, feuchten Stallluft enthaltenen Wärmeenergie frei und dient zur Erwärmung der Frischluft.

Die Erwärmung der Frischluft ist abhängig von der Außentemperatur. Je niedriger die Außentemperatur, d.h. je größer die Temperatur-Differenz zwischen Außen- und Stallluft, desto stärker wird die Erwärmung der Frischluft (Tab. 22, S. 66 und Abb. 17, S. 64).

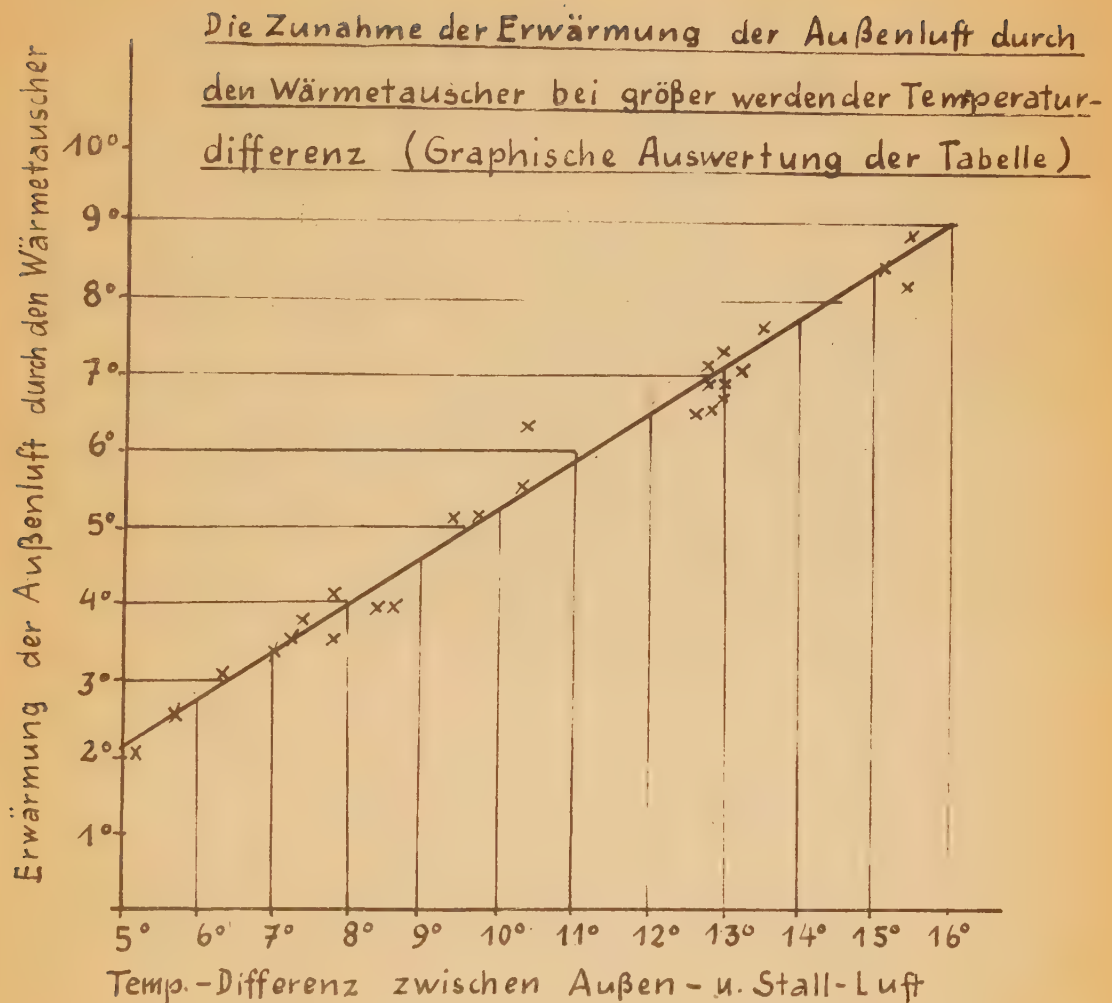
Bei Außentemperaturen von -5°C bis $+10^{\circ}\text{C}$ wird die Zuluft etwa um 3° bis 9° erwärmt.

Die Messungen der Temperatur der Zuluft im Kanal ergeben eine weitere Erwärmung der Zuluft vom Wärmetauscher bis zu den Endaustrittsöffnungen um $0,5^{\circ}$ bis $1,5^{\circ}\text{C}$.

Bei der in den Stall eingebrachten Frischluft wird der absolute Feuchtigkeitsgehalt durch die Verwendung eines Wärmetauschers nicht geändert. Die in der nachfolgenden Tabelle 23, S. 67 aufgezeigten Zahlenwerte ergeben jedoch durchweg eine Erhöhung des absoluten Feuchtigkeitsgehaltes der Frischluft (s. absoluter Feuchtigkeitsgehalt der Außenluft bzw. im Kanal). Diese Erhöhung des absoluten Feuchtigkeitsgehaltes ist durch die Anlage der Abluftöffnung wenige cm unterhalb der Zuluftöffnung an der Außenfläche der Außenwand zu erklären. Diese Vermischung der Zuluft mit der Abluft wurde durch Temperaturmessungen der Außenluft etwa 2 m vor der Zuluftmündung und in der Zuluftmündung selbst festgestellt. Es ergaben sich Temperaturerhöhungen gegenüber der Außenluft von $0,5^{\circ}$ bis $1,0^{\circ}\text{C}$.

Der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Stallluft wurde bei der vorhandenen Belegungsstärke von 8 bis 11 GVE bzw. 39,1 bis 28,4 cbm/GVE durch die Verwendung des Tauschers bereits nach einer Stunde Betriebszeit wie aus Tabelle 23, S. 67 ersichtlich ist, vermindert und änderte diesen Zustand bei längerer Betriebszeit meist nicht mehr.

Abb.17



Die durch den Tauscher **erzielte** Kondensatmenge wurde stündlich gemessen. Die so gewonnene Menge gibt Aufschluß über die frei gewordene **Wärme**, die zur Aufheizung der Frischluft dient sowie über den Sauberkeitsgrad des Tauschers. Die

Messungen ergaben ferner, daß bei niedriger Außentemperatur eine größere Menge Wasserdampf kondensiert als bei hoher Außentemperatur. Die stündlich geförderte Kondensatmenge beträgt etwas mehr als die halbe Wasserdampfmenge, die von einer GVE pro Stunde produziert wird. Das Ausbleiben der Kondensatmenge am 8. März 1951 zur dritten Stunde nach Inbetriebnahme des Tauschers, sowie am 10. März zeigt, daß der Tauscher regelmäßig in nicht zu großen Zeitabständen gereinigt werden muß, damit sich keine Schutzschicht bildet, und nicht die durch die Kondensation freigewordene Wärme teilweise zur Erwärmung der Schmutzschicht verbraucht wird. Am 11. März 1951 wurde der Tauscher gereinigt. Am 15. März und am 6. April 1951 waren die Außentemperaturen $+ 7^{\circ}$ bis $+ 10^{\circ}$ C. Bei diesen hohen Außentemperaturen ist kein Kondenswasser mehr angefallen.

Tabelle 22

Temperaturergebnisse im Stall Titisee

Datum	Zeit	Temperatur d. Zuluft- öffnung °C	Temperatur im Kanal Meßstelle 1a °C t trocken.	Stall- Temperatur. °C	Erwärmung d. Außen- luft d. Tauscher °C	Temperatur- Differenz zwischen Außen- u. Stall-Luft
23.2.51	16.45	+1,6°	6,8°	11,4°	5,2°	9,8°
	17.45	+0,6°	7,0°	11,0°	6,4°	10,4°
24.2.51	9.30	-4,8°	3,4°	10,7°	8,2°	15,5°
	11.15	-2,9°	4,6°	10,6°	6,6°	12,6°
1.3.51	11.15	-4,2°	2,8°	8,8°	7,0°	13,0°
	12.00	-4,0°	2,8°	9,0°	6,8°	13,0°
	13.00	-3,4°	3,2°	9,4°	6,6°	12,8°
	15.00	-3,6°	3,4°	9,2°	7,0°	12,8°
	16.30	-3,8°	3,4°	9,4°	7,2°	13,2°
8.3.51	13.15	+3,4°	7,4°	12,0°	4,0°	8,6°
	14.15	+3,8°	7,8°	12,2°	4,0°	8,4°
	15.15	+4,0°	8,2°	11,8°	4,2°	7,8°
10.3.51	17.00	+3,6°	8,8°	13,0°	5,2°	9,4°
	18.00	+2,4°	8,2°	12,8°	5,6°	10,4°
11.3.51	15.30	+4,6°	8,2°	12,4°	3,6°	7,8°
	16.30	+5,0°	8,8°	12,4°	3,8°	7,4°
15.3.51	13.45	+7,4°	10,7°	14,4°	3,3°	7,0°
	14.45	+7,0°	10,6°	14,2°	3,6°	7,2°
	16.00	+7,1°	10,6°	14,2°	3,5°	7,1°
20.3.51	15.20	+2,0°	9,6°	15,6°	7,6°	13,6°
	16.20	+2,2°	9,6°	15,2°	7,4°	13,0°
	17.20	+2,2°	9,4°	15,1°	7,2°	12,9°
21.3.51	0.00	+0,6°	9,6°	16,2°	9,0°	15,6°
	1.00	+0,6°	9,2°	15,8°	8,6°	15,2°
6.4.51	10.45	+9,1°	11,1°	14,2°	2,0°	5,1°
	12.30	+9,3°	12,4°	15,6°	3,1°	6,3°
	13.30	+9,9°	12,5°	15,6°	2,6°	5,7°

Tabelle 23

Absoluter Feuchtigkeitsgehalt und Kondensatmenge

Datum	Zeit	absol. Feuch- tigkeit Außen	absol. Feuch- tigkeit im Ka- nal	absol. Feuch- tigkeit Thermo- hygrogr. innen	absol. Feuch- tigkeit Polymet. innen	Kondensat- menge in ccm pro Stunde
23.2.51	16.45	2,9	4,0	7,0	6,5	200 (2)
	17.45	2,9	4,0	6,9	6,5	
24.2.51	9.30	1,9	2,4	6,4	6,1	125 (1)
	11.15	2,5	3,1	6,4	6,1	375 (2)
						575 (2,5)
1.3.51	11.15	2,0	2,7	6,0	5,6	50 (1)
	12.00	2,1	2,7	6,0	5,6	270 (2)
	13.00	2,1	2,8	5,9	5,5	300 (3)
	15.00	1,8	2,7	6,0	5,4	500 (4,5)
	16.30	1,8	2,7	6,0	5,4	700 (5,5)
8.3.51	13.15	3,6	4,0	7,4	6,8	25 (1)
	14.15	3,4	4,2	7,3	6,6	55 (2)
	15.15	3,6	4,3	7,2	6,6	- (3)
10.3.51	17.00	3,2	4,4	8,2	7,3	- (1)
	18.00	3,0	4,2	7,5	6,9	- (2)
11.3.51	15.30	3,2	4,0	8,1	6,7	- (1)
	16.30	3,1	4,3	7,9	6,7	- (2)
15.3.51	13.45	3,8	4,7	8,6	7,8	- (1)
	14.45	3,6	4,9	8,1	7,4	- (2)
	16.00	4,1	4,7	8,1	7,4	- (3)
20.3.51	15.20	3,6	4,7	7,7	9,0	- (1)
	16.20	3,7	4,7	7,7	8,1	250 (2)
	17.20	3,6	4,5	7,3	8,0	450 (3)
21.3.51	0.00	3,2	3,9	7,6	8,9	270 (1)
	1.00	3,2	3,8	7,7	8,5	410 (2)
6.4.52	10.45	5,1	-	8,2	7,4	- (1)
	12.30	5,6	5,9	9,1	8,2	- (2)
	13.30	5,5	6,0	8,7	8,1	- (3)

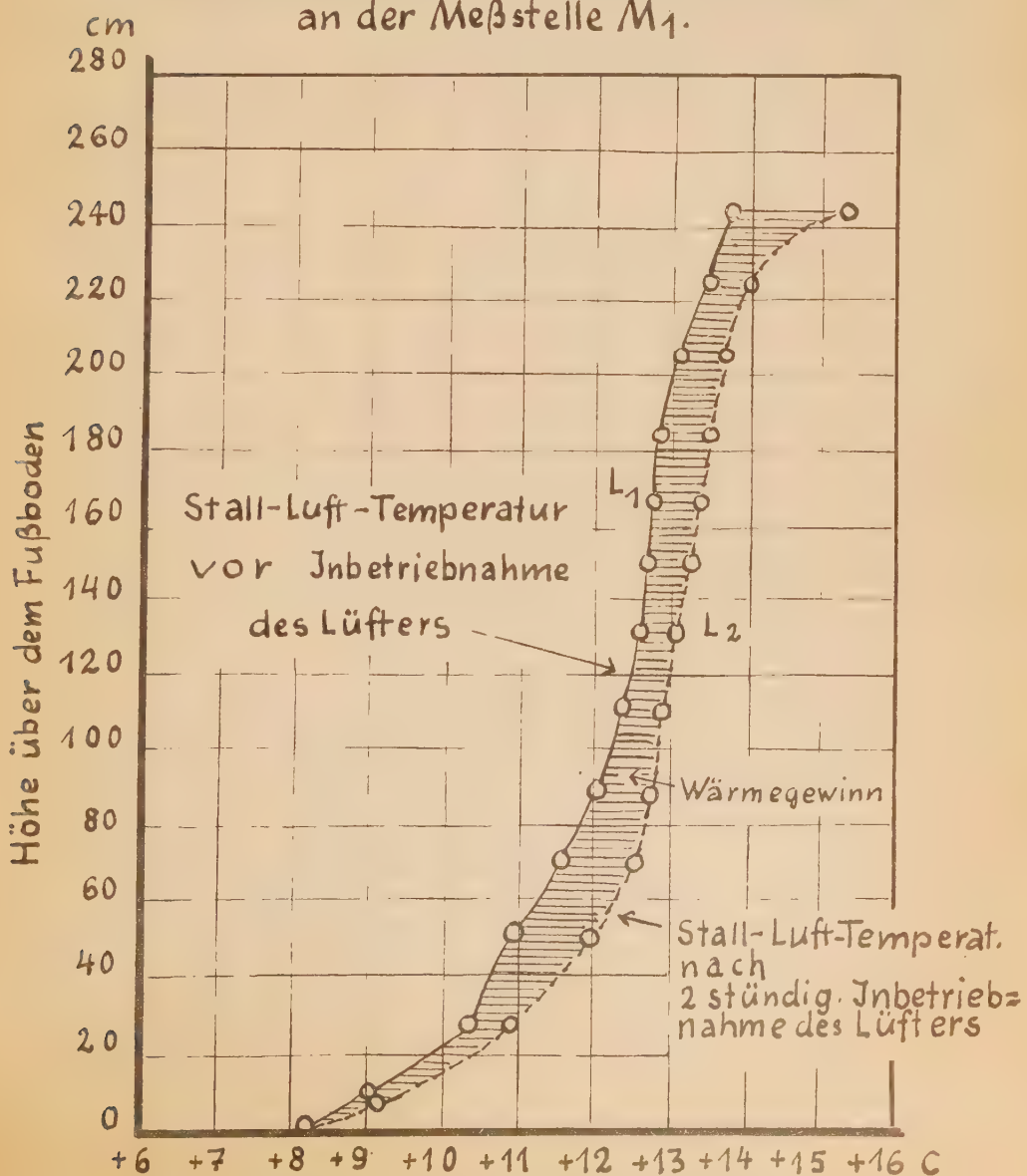
E) Untersuchungsergebnisse

a) Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtung

Die vertikale Temperaturverteilung der Stallluft wurde an drei verschiedenen Stellen mit Thermoelementen gemessen (Abb. 16, S. 60). Die Messungen wurden so ausgeführt, daß vor Einschaltung des Jöler-Lüfters an den drei Meßstellen und zwei Stunden nach der Inbetriebnahme die Temperaturverteilung gemessen wurde (Abb. 18 s.u., Abb. 19 S. 69, Abb. 20 S. 70).

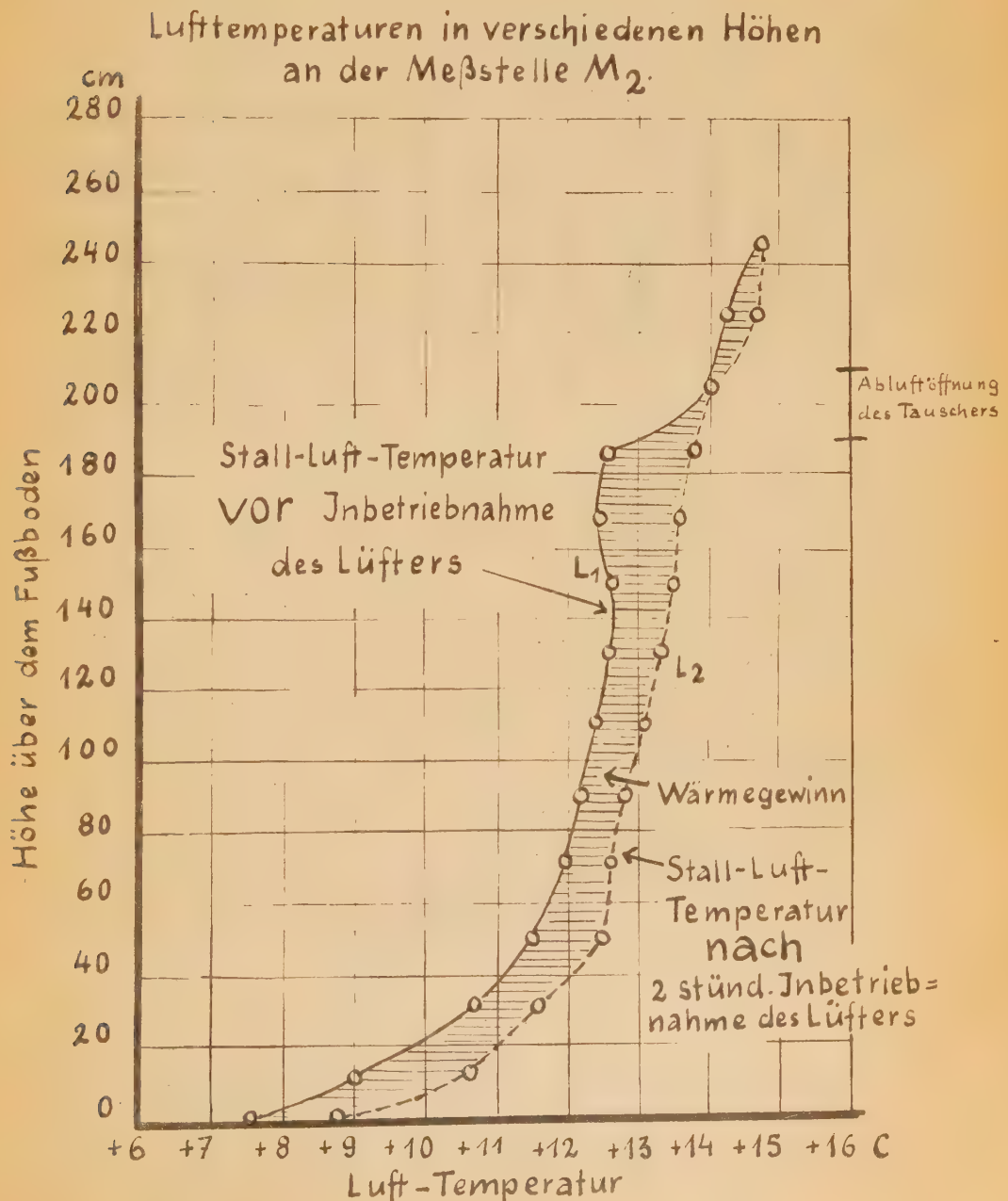
Abb. 18

Lufttemperaturen in verschiedenen Höhen
an der Meßstelle M₁.



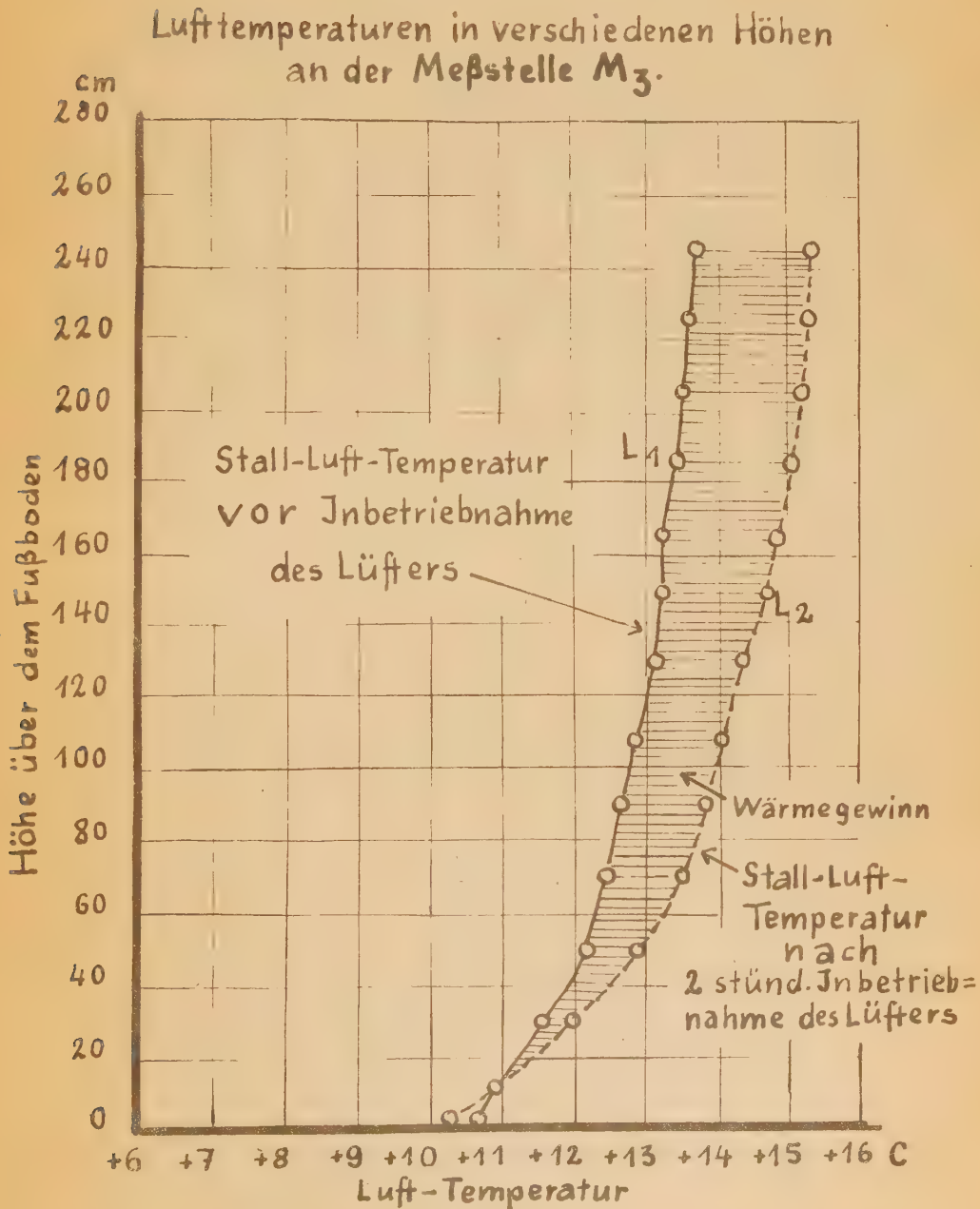
Die gemessenen Temperaturen liegen in halber Höhe des Raumes um $+3^{\circ}$ bis $+4^{\circ}$ C höher als in Bodennähe. Dieser, im Vergleich zu den Verhältnissen bei Wohnräumen große Temperaturunterschied ist bei Stallungen, in denen die Luft 3- bis 5mal in der Stunde erneuert wird, sehr häufig anzutreffen.

Abb. 19



Die Meßstelle M 1 zeigt nach dem Ausschalten des Lüfters einen gleichmäßigen Temperaturzuwachs vom Boden bis zur Decke von rund $1,5^{\circ}\text{C}$, ein Zeichen, daß die Abfuhr der Verbrauchtluft nach außen nachgelassen hat, und die Durchmischung und Umwälzung der einzelnen Luftschichten im Stall dominiert.

Abb. 20



Die Temperaturkurve für den Zustand vor dem Einschalten des Lüfters verläuft bei der Meßstelle M 2 bis zu einer Höhe von 145 cm ähnlich wie bei der Meßstelle M 1. Von der Höhe 145 cm über Boden bis 185 cm über Boden nimmt die Lufttemperatur bei der Meßstelle M 2 jedoch wegen der benachbarten Abluftöffnung des Wärmetauschers nicht zu, woraus zu ersehen ist, daß dort durch den ausgeschalteten Wärmetauscher Kaltluft eindringt, die die Stallluft der Umgebung abkühlt. Nach dem Ausschalten ist die Temperaturverteilung bei der Meßstelle M 2 ähnlich ausgeglichen wie bei Meßstelle 1.

Die Meßstelle M 3 gibt dasselbe Bild wie Meßstelle M 1, nur ist nach dem Ausschalten der Lüftung die Temperaturzunahme größer.

Nicht ganz erklärlich ist bei dem Temperaturbild von der Meßstelle M 1 das gegenüber den Meßstellen M 2 und M 3 starke Ansteigen der Lufttemperatur unmittelbar unter der Decke.

Auch für diese Messungen wäre es erwünscht, wenn an jeder Meßstelle bei künftigen Untersuchungen von Zeit zu Zeit die Messungen wiederholt würden, damit festgestellt werden kann, mit welchen Störungen der Ergebnisse gerechnet werden muß.

b) Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft

Diese Messungen wurden am 6. und 12. April 1951 durchgeführt. Am 6. April 1951 wurden nur im Mistgang vor und nach Inbetriebnahme des Tauschers Luftproben für Kohlensäure- und Ammoniakbestimmung entnommen. Bei den Bestimmungen am 12. April 1951 wurde dagegen auch der Futtergang in die Untersuchungen mit einbezogen.

Tabelle 24

Bestimmung des Kohlensäure- (CO_2) und Ammoniak- (NH_3)
Gehalts der Stallluft

Datum	Uhrzeit	Lufttemperatur innen	Lufttemperatur außen	CO_2 Vol%	NH_3 Vol%	Untersuchungs- stelle	Zeitpunkt der Unter- suchung	
6.4.	10.30	14,2 °	8,0 °	1,93	-	Mistgang	vor	Inbe- trieb- nahme des Wärme- tau- schers
	13.50	15,6 °	9,8 °	0,95	-	Mistgang	2 Std. nach	
	13.55	15,6 °	9,8 °	1,29	-	Futter- gang	"	
12.4.	9.35	12,2 °	4,4 °	1,89	0,017	Mistgang	vor	
	9.40	12,2 °	4,4 °	1,83	-	Futter- gang	"	1 Std. nach
	11.20	11,8 °	4,8 °	1,56	0,013	Mistgang		
	11.25	11,8 °	4,8 °	1,71	-	Futter- gang	"	

Die Kohlensäure- und Ammoniakbestimmungen ergaben, wie die vorstehende Tabelle zeigt, nach Inbetriebnahme des Tauschers eine eindeutige starke Verminderung des Kohlensäure- und Ammoniakgehaltes der Stallluft. Die Wirkung des Wärmetauschers in der Form der Auslösung einer kräftigen Luftzirkulation wird durch diese Ergebnisse veranschaulicht.

Bei den am 12. April 1951 durchgeführten Bestimmungen zeigte sich wiederum, daß im Futtergang des Stalles Seehof andere Luftverhältnisse herrschen als am Standplatz und Mistgang. Diese Unterschiede dürfen jedoch nicht als die Auswirkung einer mangelhaften Leistung des Wärmetauschers betrachtet werden. Analoge Messungen zu Zeiten, wo der Wärmetauscher nicht eingeschaltet war, weisen vielmehr darauf hin, daß der Jöler-Lüfter ausgleichend wirkt.

c) Keimgehalt der Stallluft

Die Feststellung der Keimzahlen an verschiedenen Stellen des Stalles und zu verschiedenen Zeiten sollte die Schlußfolgerung ermöglichen, ob die Luftzirkulation zu- oder abgenommen hat, und ob alle Stellen des Stallraumes gleichmäßig oder ungleichmäßig vom Luftstrom durchspült werden.

Für die Keimgehaltsbestimmung dienten Drigalski-Agarplatten, die 50, 125 und 190 cm über dem Stallboden waagrecht aufgestellt wurden. Die Platten verblieben dort jeweils 15 Minuten. Anschließend wurden sie im Tierhygienischen Institut Freiburg bebrütet und ausgezählt. Apathogene Staphylokokken (*St. citreus* und *albus*) sowie aerobe Erdbazillen (*B. mesentericus*, *mycoides* und *subtilis*) ließen sich differenzieren.

Aus der Überlegung heraus, daß die Stallluft direkt nach dem Abschalten noch einige Zeit stark bewegt sein muß, sind die Platten bei der zweiten Bestimmung erst 15 Minuten nach dem Abschalten aufgestellt worden.

Wie schon erwähnt wurde, ist bei allen Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen sowie bei der Kohlensäurebestimmung festgestellt worden, daß der vorliegende Stall mit seinem besonders breiten Futtergang keineswegs gleichartige Luftverhältnisse aufweist, sondern gewissermaßen in eine Futtergangszone und eine Standplatzzone unterteilt werden muß. Deshalb wurde bei der dritten Bestimmung der Futtergang in die Untersuchung mit einbezogen.

Um die Beobachtung, daß im vorliegenden Falle der Futtergang einerseits und der Standplatz mit dem Mistgang andererseits zweierlei Lufträume sind, zu erhärten, wurde im Futtergang ebenfalls vor Inbetriebnahme der Jöler-Lüftung durch das Heuloch Heu abgeworfen. Wenn die Annahme, daß zweierlei Lufträume vorhanden sind, zutrifft, muß ein sichtlicher Unterschied in der Zunahme der Keimzahl im Futtergang im Gegensatz zum Mistgang vorhanden sein. Wie die Zahlenergebnisse zeigen,

wurde diese Annahme bestätigt, denn es war eine starke Zunahme der Keimzahl im Futtergang zu beobachten.

Tabelle 25

Keimgehaltsbestimmungen im Stall Titisee vor und nach Inbetriebnahme des Wärme-Tauschers

Datum	Uhrzeit	Bestimmungsbedingungen	Anzahl der Keime					
			im Mistgang			Futtergang		
			50cm über Bod.	125cm über Boden	190cm über Boden	50cm über Bod.	125cm über Boden	190cm über Boden
20.3.51	15.00	Vor Inbetriebnahme des W.T.	145	170	200	-	-	-
	17.20	Sofort nach Abschalt. des W.T.	165	175	200	-	-	-
20.3.51	23.45	vor Inbetriebnahme des W.T.	102	104	151	-	-	-
21.3.51	1.45	15 Min.nach dem Abschalten des W.T.	75	62	87	-	-	-
6.4.51	9.30	Vor Inbetriebnahme des W.T.	161	155	138	94	105	118
	9.50	Nach dem Heuabwurf	154	149	134	178	86	168
	11.20	15 Min.nach dem Abschalten des W.T.	58	76	74	54	43	39

Die Keimzahlen im Mistgang blieben beinahe gleich. 15 Minuten nach dem Abschalten des Lüfters war jedoch sowohl im Mistgang als auch im Futtergang eine starke Abnahme der Keimzahl zu bemerken.

Trotz der wenigen Versuche zur Keimzahlbestimmung ist ersichtlich, daß diese Bestimmungen in ihrer einfachen Art ein eindrucksvolles Bild von der Lüftungsintensität und der

Verteilung der Luft vor und nach der Belüftung des Stalles durch den Jöler-Lüfter zu geben vermögen.

Bei zukünftigen Untersuchungen sollten die Keimgehaltsbestimmungen in weit größerer Zahl durchgeführt werden. Dabei wäre es wünschenswert, nicht nur die Anzahl der Untersuchungsreihen zu vermehren, sondern auch die einzelne Untersuchungsreihe so auszudehnen, daß mehrere Untersuchungen **v o r** der Inbetriebnahme und mehrere Untersuchungen **n a c h** der Inbetriebnahme des Wärmetauschers angesetzt werden.

IV. Schlußfolgerungen.

Das von mir bearbeitete Thema ist absichtlich in größerer Breite aufgerollt worden, weil eine Beschränkung auf Einzelfragen bisher immer zu einseitigen Fehlschlüssen geführt hat. Damit ergibt sich auch für die Folge zwangsläufig, daß zahlreiche Untersuchungen mit sehr häufigen Wiederholungen und bei mehreren vergleichbaren Objekten über einen größeren Zeitraum durchgeführt werden müssen, ehe mit grundlegenden, praktisch verwertbaren Resultaten gerechnet werden kann. Die vorstehende Abhandlung, die auf zeitlich sehr eng begrenzten Untersuchungen fußt, soll hierzu den Boden geebnet haben.

Die Stallhygiene ist ein schwieriges Grenzgebiet, das in die Fachgebiete des Landwirtes, des Tierarztes und des Bau-
fachmannes einmündet und nur in zäher, helfender Z u s a m -
m e n a r b e i t dieser Fachkreise allmählich geklärt und
gelöst werden kann. Im Mittelpunkt dieser Probleme steht das
Tier. Sein Anwalt muß in vorderster Linie der Tierarzt sein,
der den Tierkörper und dessen Funktionen kennt und täglich
mit den Auswirkungen zu tun hat, die durch die ständig wach-
senden Anforderungen des Menschen an die Stalltiere entstehen
und das Tier mehr und mehr von seiner natürlichen Lebensweise
entfernen. Es erscheint deshalb auch folgerichtig, daß die
Veterinärmediziner sich mehr noch als bisher um die Stall-
hygiene und die Stallsanierung, der gegenwärtig im Zusammen-
hang mit dem Tuberkulose Tilgungsverfahren allseitiges Inter-
esse entgegengebracht wird, kümmern.

Die vorliegende Arbeit hat deshalb dann erst ihren Zweck
völlig erreicht, wenn sie zur Folge hat, daß zahlreiche Kol-
legen sich mit den angeschnittenen Fragen auseinandersetzen
und als neue Mitarbeiter bereit sind, weitere Steinchen zu
dem großen Mosaikbild der Stallhygiene einzufügen.

V. Zusammenfassung

In einem Überblick über das Fachschrifttum wurde festgestellt, daß das Optimum der Stalllufttemperatur zwischen $+ 10^{\circ} \text{C}$ und $+ 15^{\circ} \text{C}$ liegt, daß bei abgehärteten Tieren jedoch auch eine Niedrigsttemperatur von $+ 5^{\circ} \text{C}$ vertretbar ist.

Ferner soll für die rel. Luftfeuchtigkeit nicht ein starrer Höchstwert von 70 % oder 80 % verlangt werden, weil das praktisch nicht erreichbar ist. Maßgeblich ist nur der Taupunkt der Stallluft, der unter der Oberflächentemperatur der Außenwände und der Decke liegen muß, damit Schweißwasserbildung vermieden bleibt. Das bedeutet, daß die relative Feuchtigkeit zwischen 73 % und 96 % liegen k a n n .

Zur Sicherung der Versorgung mit Sonnenlicht sind bestimmte Forderungen an die Lage und Größe der Fenster gestellt worden.

Die Vor- und Nachteile der Luftbewegung und ihre Nutzanwendung bei den Lüftungseinrichtungen wurden erörtert.

Ein Kohlensäuregehalt der Stallluft $\leq 2,5 \text{ Vol. o\%}$ soll angestrebt werden. Mehr als 4 Vol. o% Kohlensäure ist ein schlechtes Charakteristikum für einen Stall.

Hygienisch einwandfreie Ställe sollen $\leq 0,05 \text{ Vol. o\%}$ Ammoniak aufweisen und keine Spuren von Schwefelwasserstoff zeigen.

Die hauptsächlichen Ergebnisse meiner vom 21. Februar 1951 bis 12. April 1951 durchgeführten Messungen und Beobachtungen in 9 Ställen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Bei den 8 Ställen mit freier
Lüftung

- 1) Temperaturtiefstwerte betrugen in den untersuchten Stallungen $+ 7^{\circ} \text{C}$ bis $+ 15^{\circ} \text{C}$; die Höchstwerte $+ 15^{\circ} \text{C}$ bis $+ 21^{\circ} \text{C}$. Die Stalltemperaturen zeigten einen starken Temperaturzuwachs während der Nachtzeit.

- 2) Der Wasserdampfgehalt der Stallluft erreichte in den 8 untersuchten Stallungen den Höchstwert von 14,9g/kg und den Tiefstwert von 5,2 g/kg.
Die Zunahme des Wasserdampfes parallel zur Temperatur war während der Nachtzeit besonders stark. Temperatur- und Wasserdampfunahme sind gleich null an den Tagen, an denen eine Außentemperatur von rund + 15° C herrschte.
- 3) Der Kohlensäuregehalt der Stallluft war 0,77 Vol. % bis 4,23 Vol. %.
- 4) Der Ammoniakgehalt der Stallluft betrug 0,006 Vol. % bis 0,027 Vol. %.
- 5) Die Glasfläche der Fenster schwankte zwischen 1:24 bis 1:95 der Bodenfläche.
- 6) Lüftungseinrichtungen waren in 3 Stallungen überhaupt nicht vorhanden und genügten auch bei den übrigen 5 Stallungen den Anforderungen nicht.

Bei dem Stall mit mechanischer Lüftung (Wärmetauscher):

- 1) Die Erwärmung der Frischluft durch den Wärmetauscher ist nicht von der Außentemperatur abhängig. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Stallluft ist, desto größer wird die Erwärmung der Frischluft.
- 2) Der abs. Feuchtigkeitsgehalt der Stallluft wird durch den Wärmetauscher bereits nach einer Stunde Betriebszeit vermindert und ändert diesen Zustand bei längerer Betriebszeit meist nicht mehr.
- 3) Die stündlich geförderte Kondensatmenge beträgt etwas mehr als die halbe Wasserdampfmenge, die von einer Großvieheinheit produziert wird.

- 4) Der Kohlensäure- und Ammoniakgehalt der Stallluft erfährt durch den Wärmetauscher eine starke Verminderung.
- 5) Die Keimgehaltsbestimmungen geben ein eindrucksvolles Bild von der Lüftungsintensität und der Verteilung der Luft.

Auf Grund der Ergebnisse ist von einer planmäßigen, kombinierten Anwendung der beschriebenen Untersuchungsverfahren auf möglichst breiter Basis **eine erhebliche** Vertiefung unserer Kenntnisse vom Stallklima erwarten.

VI. Schrifttum

- 1 Cena, M. und Courvoisier, P.: Die Bedeutung der ultravioletten Wärmestrahlung für die Abkühlungsgröße im Stall. Schweizer Archiv f. Tierheilkunde XCI 460 1949.
- 2 Cords-Parchim: Der gesunde Stall. Schriftenreihe der neuen Welt 1950.
- 3 Dahmen H. Lehrbuch der Veterinärhygiene 1941
- 4 Deutsch, E. Untersuchungen über den Einfluß der Bauart und der Führung des Stallbetriebes auf die Beschaffenheit der Stallluft. Zeitschr. f. Inf.-Krkh., paras.Krkh.u.Hygiene der Haustiere XXXIV 1928
- 5 Dober, W. Kohlensäure- und Ammoniakbestimmungen in der Stallluft. Inaug. Dissertation Zürich 1939.
- 6 Frey, X. Messungen der Beleuchtungsstärke in Rinderstallungen. Inaug. Dissertation Zürich 1939.
- 7 Gerspach Stallbau und gesunde Tierhaltung. Macklotsche Druckerei u. Verlag/Karlsruhe 1937
- 8 Goldinger, J. Untersuchungen von Rinder- u.Schweineeställen im Sinne der praktischen Stallkontrolle (ein Beitrag zur Frage d. Zusammenhänge zwischen Stall u. Krankheit). Inaug. Dissertation Zürich 1935.
- 9 Govin, L. Ausführung bei einer Arbeitstagung der Commission internationale du Génie Rural. April-Mai 1951.
- 10 Harlass, H. Der Einfluß von Klima und Wetter auf die tierische Nutzleistung unter besonderer Berücksichtigung der Temperatur. Landw. Jahrb. 147 1941
- 11 Hays, W.B. The effect of environmental temperature on the percentage of fat in milk. Dairy Sci. 219, 1926
- 12 Hofmann, P. Hygienische Untersuchungen in Milchtierstallungen mit besonderer Berücksichtigung sogenannter Güllestallungen. Ztschr.f. Infekt.-Krkh.,parasKrkh. und Hygiene der Haustiere. XXXIV 1928.

- 13 Hofmann, P. Hygienische Untersuchungen in Milchtierstallungen im Freistaat Sachsen während des Sommers und Winters. Zeitschr.f.Infek.Krkh., paras.Krkh. und Hygiene der Haustiere. 1933
- 14 Haupt, H. und Radke, G. Licht und Luft im Stall. Tierärztliche Rundschau, 669, 1934.
- 15 Kelley, M.A.R.u. Rupel, J.W. Wechselbeziehungen zwischen Stallumwelt und Milchleistung. US-Dep.Agr.Rech.Bull.Nr.591 1936.
- 16 Kiskalt, K. Über die Absorption von Gasen durch Kleidungsstoffe. Archiv f. Hygiene. 41, 197 1902
- 17 Klimmer, M. Gesundheitspflege der landwirtschaftlichen Nutztiere. 4. Aufl. 1924.
- 18 Lehmann, K.B. Experimentelle Studien über den Einfluß technisch und hygienisch wichtiger Gase und Dämpfe auf den Organismus. Archiv f. Hygiene 5, 127 1886.
- 19 Lehmann, K.B. Studien über die Absorption von giftigen Gasen und Dämpfen durch den Menschen. Archiv f. Hygiene. 17, 324, 1893.
- 20 Lehmann, K.B. Experimentelle Untersuchungen über die Gewöhnung an Fabrikgase. Archiv f. Hygiene 34, 273, 1899.
- 21 Lehmeyer, B. Untersuchungen über den Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Stallluft. Ztschr. f. Infekt.Krkh., paras.Krkh. und Hygiene der Haustiere, 1926, XXXI.
- 22 Märker, M. Versuche über die Porosität einiger Baumaterialien sowie über den künstlichen und natürlichen Luftwechsel im Stallgebäude. Journ.f.Landw. 18, 1870
- 23 Ober, J. Stallbaukunst und Klimatechnik. Landw. Jahrb. 7/10, 1950.
- 24 Pettenkofer, v.M. Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858
- 25 Popoff, J. Der Einfluß der Kälte auf die Produktivität der Milchkühe. Ztschr.f.Tierz. und Züchtungsb. 10, 285, 1927
- 26 Raschert Entsprechen die Lichtverhältnisse in unseren Rinderstallungen den gesundheitlichen Anforderungen und läßt sich ein Einfluß derselben auf das Vorkommen der Tuberkulose nachweisen. Inaug. Dissertation Berlin 1934

- 27 Ronzani, E. Über den Einfluß der Einatmungen von reizenden Gasen der Industrien auf die Schutzkräfte des Organismus gegenüber infektiösen Krankheiten. Archiv f. Hygiene, 70, 217, 1909
- 28 Rubner Tierversuche über Wasserdampfabgabe. Archiv f. Hygiene, 11, 1890
- 29 Rudzinski, K.J. Untersuchungen über die Hauttemperaturen bei Tieren des Rindergeschlechtes gemessen mit dem Thermoelement und ihre Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur. Inaug. Dissertation Zürich, 1944.
- 30 Schulze, H. Über den Kohlensäuregehalt der Stallluft und den Luftwechsel in Stallungen. Journ. f. Landw. 17, 224, 1869.
- 31 Seifert Ist die Gewöhnung an Ammoniakgas anatomisch erklärbar? Archiv f. Hygiene. 74, 61, 1906
- 32 Stietenroth, K. Hygienische und wärmewirtschaftliche Forderungen bei Stallbau und Stallbetrieb. Landw.-Jahrbücher. 4, 1934
- 33 Stietenroth, K.K. Stallbau und Hygiene. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des landw. Bauwesens. Jahrg. 3, 25, 1951
- 34 Stockklausner Zur Frage der zweckmäßigsten Temperatur in Milchviehstallungen. Südd. Landw. Tierz. 27, 86, 1932
- 35 Strebel, J. Untersuchungen von Rinderstallungen im Sinne der prakt. Stallkontrolle (ein Beitrag zur Frage der Zusammenhänge zwischen Stall und Krankheit. Inaug. Diss. Zürich 1936
- 36 Süpfle, K. Bauhygiene des Stalles. Deutsche Tierärztl. Wochenschr. 15, 225, 1930
- 37 Süpfle, K und Hofmann P. Hygienische Untersuchungen über die Beschaffenheit der Luft in Güllestallungen des Allgäus und der Schweiz. Südd. Landw. Tierz. 51, 1928
- 38 Süpfle K. und Hofmann, P. Untersuchungsmethodik und hygienische Beurteilung der Stallluft. Ztschr.f.Tierz. u. Züchtungsbiologie, 13, 3, 1929.
- 39 Süpfle, K, L. Hofmann, P.u. Walz Eine vereinfachte Methode zur quantitativen Bestimmung von Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff in der Luft bewohnter Räume. Archiv f. Hygiene. 98, 1927

- 40 Traub, E. Hygienische Untersuchungen in Tierställen unter besonderer Berücksichtigung der Stallluft. Ztschr.f.Infekt.Krkh., paras.Krkh. und Hygiene der Haustiere. 45, 1, 1933.
- 41 Trommsdorf, R. Experimentelle Studien über die Ursachen der durch verschiedene Schädlichkeiten bedingten Herabsetzung der natürlichen Widerstandsfähigkeit gegen Infektionen. Archiv für Hygiene. 59, 37, 1906.
- 42 Vödich, G. Fütterungsversuche mit Briketts und Soja-schrot "Vita" als Beifutter auf der Weide. Deutsche Landw. Tierz. 37, 371, 1933.
- 43 Völkers, O. Bauen mit Glas. Julius Hofmann Verlag Stuttgart, 1948
- 44 Wagener, K. Hygiene der Tierstallungen. Tierärztliche Rundschau 145, 1929
- 45 Wagener, K. Die Hygiene der Milchtierställe. Tierärztl. Rundschau 381, 1930.
- 46 Zorn, W. Stallverbesserung und Stallneubau. Tierzuchtbücherei 1949.
- 47 Weickmann Klima, Wetter, Mensch. Leipzig 1938. Grundlagen der Klima- u. Wetterkunde.

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir ein herzliches Bedürfnis, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen,

Herrn Professor Dr. Trautwein für die freundliche Überlassung der interessanten Arbeit,

Herrn Dr. Stietenroth für die mir bei der Durchführung der Untersuchungen und der Niederschrift jederzeit gern gewährte Unterstützung,

sowie Fräulein Dr. v. Brand (Badisches Ministerium der Landwirtschaft und Ernährung), Herrn Dr. Schmid, Herrn Dr. Schüle, Herrn Dr. Schäcke und Fräulein Poehlmann (Institut für Technische Physik, Stuttgart) für die mir entgegengebrachte verständnisvolle Hilfsbereitschaft.

